ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ

ପ୍ରଥମ ଭାଗ

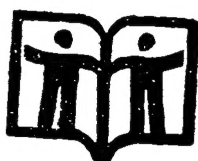


ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା · ଭୁବନେଶ୍ୱର

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ

(ପ୍ରଥମ ଭାଗ)

(ସାଧାରଣ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ଓ ଧ୍ୱନି ବିଜ୍ଞାନ)



ଲେଖକଗଣ

ସାଧାରଣ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ—**ସନ୍ତୋଷ କୁମାର ରାଏ**, ଏମ୍. ଏସ୍. ସି,
ଶିକ୍ଷା ଉପ-ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ (ଓଡ଼ିଶା)

ଉଦସ୍ଥିତି ବିଜ୍ଞାନ ଓ ଧ୍ୱନି—**ହରେକୃଷ୍ଣ ପଟ୍ଟନାୟକ**
ଅବସରପ୍ରାପ୍ତ ଅଧ୍ୟାପକ, ରେଭେନ୍‌ସା କଲେଜ, କଟକ

୧୯୭୨



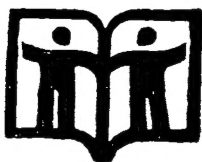
ପ୍ରକାଶକ

ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା
ଭୁବନେଶ୍ୱର

PADARTHA BIGYAN, Part-I

(Physics)

For Intermediate Students



Published by :

The Orissa State Bureau of Text book preparation and production under the centrally sponsored scheme of production of Books and literature in regional languages at the University level of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Written by :

Sri Santosha Kumar Ray
Deputy D. P. I. Scholarship, Bhubaneswar

Sri Harekrushna Pattanayak
Retired Lecturer, Ravenshaw College, Cuttack

First Edition—1972

by

ORISSA STATE BUREAU OF
TEXT BOOK PREPARATION AND PRODUCTION
BHUBANESWAR, ORISSA

Publication No. 17

Printed by :
Goswami Press
Alamchand Bazar,
Cuttack-2

ପ୍ରସ୍ତାବନା

ଆଞ୍ଚଳିକ ଭଷାକୁ ଉଚ୍ଚଶିକ୍ଷାର ମାଧ୍ୟମ କରିବା ନିମନ୍ତେ ଭରତ ସରକାର ବିଶ୍ୱ-ବିଦ୍ୟାଳୟ ଅନୁଦାନ ଆୟୋଗଙ୍କ ସହାୟତାରେ ଏକ ଯୋଜନା ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିସାରିଛନ୍ତି । ସେଥି ନିମନ୍ତେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ରାଜ୍ୟ ସରକାରଙ୍କ ଅଧୀନରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା ଗଠନ କରାଯାଇଛି । ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟୋପଯୋଗୀ ଆଞ୍ଚଳିକ ଭଷାରେ ମୌଳିକ ଗ୍ରନ୍ଥ ପ୍ରଣୟନ ଓ ଅନୁବାଦ ପାଇଁ ଉକ୍ତ ଅନୁଷ୍ଠାନଗୁଡ଼ିକ ଦାୟିତ୍ୱ ବହନ କରିଛନ୍ତି । ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା ଓଡ଼ିଆ ଭଷାରେ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରକାଶନପାଇଁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରକାଶିତ "ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ—ପ୍ରଥମ ଭଗ" ପୁସ୍ତକଟି ଓଡ଼ିଶାର ତିନୋଟି ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟର ନୂତନ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଅନୁସରଣପୂର୍ବକ ରଚିତ ହୋଇଛି । ଏ ପୁସ୍ତକଟି ରଚନା କରିଛନ୍ତି ଶିକ୍ଷା ଉପନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ସନ୍ତୋଷ କୁମାର ରାଏ ଓ ଅବସରପ୍ରାପ୍ତ ଅଧ୍ୟାପକ ଶ୍ରୀ ହରେକୃଷ୍ଣ ପଟ୍ଟନାୟକ । ଉତ୍କଳ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ରିଡ଼ର ଡକ୍ଟର ଚୂଡ଼ାମଣି ସାମଲ ଏ ପୁସ୍ତକର ସମୀକ୍ଷା ଓ ମୂଲ୍ୟାୟନ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସମ୍ପାଦନା ମଧ୍ୟ କରିଛନ୍ତି । ସଂସ୍ଥାର ଭଷାବିଶେଷଜ୍ଞ ଶ୍ରୀ ଶରତ ଚନ୍ଦ୍ର ପ୍ରଧାନ ଏ ପୁସ୍ତକର ଭଷାଗତ ସମୀକ୍ଷା କରିଛନ୍ତି । ଏଣୁ ସେମାନଙ୍କୁ ଆମେ ଏ ସଂସ୍ଥା ତରଫରୁ ହାର୍ଦ୍ଦିକ ଧନ୍ୟବାଦ ଜଣାଉଛୁଁ ।

ପରିଶେଷରେ ଆମର ଆଶା ଓ ବିଶ୍ୱାସ ଯେ ଏ ପୁସ୍ତକଟି ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ସ୍ତରରେ ଓଡ଼ିଆ ଭଷାରେ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ଅଧ୍ୟୟନ ଓ ଅଧ୍ୟାପନା ପାଇଁ ଯଥେଷ୍ଟ ସହାୟକ ହେବ ।

ଭୁବନେଶ୍ୱର
ତା ୧୪ । ୧୨ । ୭୨

ବ୍ରଜବନ୍ଧୁ ମିଶ୍ର
ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ
ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା

ଭୂମିକା

ମାତୃଭଷା ମାଧ୍ୟମରେ ବିଜ୍ଞାନର ଯେ କୌଣସି ବିଷୟ ଯେ ସହଜରେ ବୋଧଗମ୍ୟ ହୋଇପାରେ ତାହା ଆଜି ପ୍ରତ୍ୟେକେ ଉପଲବ୍ଧି କରୁଅଛନ୍ତି । ତେଣୁ ଆଜି ବିଜ୍ଞାନର ତତ୍ତ୍ୱ ଓ ତଥ୍ୟଗୁଡ଼ିକୁ ମାତୃଭଷାରେ ପ୍ରକାଶ କରିବାପାଇଁ ଦେଶସାର ଉଦ୍ୟମ ହେଉଅଛି । ବିଦ୍ୟାଳୟରେ ବିଜ୍ଞାନ ପଠନ ଓଡ଼ିଆ ଭଷାରେ ହେଉଥିବା ସ୍ଥଳେ କଲେଜରେ ପଠନ ଇଂରଜୀ ଭଷା ମାଧ୍ୟମରେ ହେଲେ ଉଚ୍ଚଶିକ୍ଷା ପ୍ରୟାସୀ ଶିକ୍ଷାର୍ଥୀମାନଙ୍କୁ ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ପଡ଼େ । ତେଣୁ ଆଜି ଆମର ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ଶିକ୍ଷାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସ୍ତରରେ ଓଡ଼ିଆ ଭଷାକୁ ମାଧ୍ୟମରୂପେ ଗ୍ରହଣ କରଯାଇଛି । ଆଶାକରଯାଏ କ୍ରମେ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ତରରେ ଓଡ଼ିଆ ଭଷା ମାଧ୍ୟମରେ ଶିକ୍ଷା ଓ ଶିକ୍ଷଣ କାର୍ଯ୍ୟ ପ୍ରଚଳିତ ହେବ । ଓଡ଼ିଆ ଭଷାରେ ବିଜ୍ଞାନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ପୁସ୍ତକର ଅଭବ ମେଣ୍ଟାଇବା ପାଇଁ ଆଜି ଏ ପ୍ରୟାସ ।

ଓଡ଼ିଆ ଭଷାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଶବ୍ଦଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରତିଶବ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହଜ ନୁହେଁ । ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଶବ୍ଦଗୁଡ଼ିକ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରଖାଯାଇଛି । ଯେଉଁଠାରେ ଓଡ଼ିଆର ପ୍ରତିଶବ୍ଦ ବ୍ୟବହାର କରଯାଇଅଛି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଇଂରଜୀ ମୂଳଶବ୍ଦ ଦିଆଯାଇଛି ।

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ଶକ୍ତି ଓ ଜଡ ପଦାର୍ଥ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଘଟଣାବଳୀର ଆଲୋଚନା କରଯାଇଥାଏ । ଆଲୋଚନାର ସୁବିଧା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନକୁ କେତୋଟି ଭଗରେ ବିଭକ୍ତ କରଯାଇଅଛି । ଏହି ପୁସ୍ତକରେ ସାଧାରଣ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ (Properties of matter) ଓ ଧ୍ୱନି ବିଜ୍ଞାନ (Sound)ର ମୂଳତତ୍ତ୍ୱଗୁଡ଼ିକ ଆଲୋଚନା କରଯାଇଛି । ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ଅଧ୍ୟୟନ ନିମିତ୍ତ ଏହି ମୂଳତତ୍ତ୍ୱଗୁଡ଼ିକ ଉତ୍ତମରୂପେ ହୃଦୟଙ୍ଗମ କରିବା ଦରକାର । ମୂଳତତ୍ତ୍ୱଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ପରିଚିତ ହେବା ସମୟରେ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କର କ'ଣ ଅସୁବିଧା ହୁଏ, ସେମାନଙ୍କର ମନରେ କେଉଁ ସବୁ ଭ୍ରାନ୍ତ ଧାରଣା ଜନ୍ମେ, ତାହା ଲେଖକଗଣ ସେମାନଙ୍କର ଶିକ୍ଷକତାର ଦୀର୍ଘ ଅନୁଭୂତିରୁ ଜାଣିଛନ୍ତି । ତାହାକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ ରଖି ଏହି ପୁସ୍ତକଟି ଲିଖିତ ହୋଇ ଅଛି । ବିଜ୍ଞାନର ମୂଳତତ୍ତ୍ୱଗୁଡ଼ିକ ସୁବୋଧ୍ୟ କରିବା ପାଇଁ ବାକ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ଯଥାସମ୍ଭବ ସରଳ କରଯାଇଛି । ପ୍ରତି ଅଧ୍ୟାୟ ଶେଷରେ ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ପ୍ରଶ୍ନ ଦିଆଯାଇଛି । ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ଏହାଦ୍ୱାର ବିଶେଷ ଉପକୃତ ହେବେ ଏବଂ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ମୂଳତତ୍ତ୍ୱଗୁଡ଼ିକୁ ଭଲଭବରେ ହୃଦୟଙ୍ଗମ କରିପାରିବେ ବୋଲି ଆଶା କରଯାଏ ।

'ଓଡ଼ିଶା ରଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା'ଙ୍କ ଆନୁକୂଲ୍ୟରେ ଏହି ପୁସ୍ତକଟି ପ୍ରକାଶିତ ହୋଇଥିବାରୁ ଆମ୍ଭେମାନେ ତା'ର କର୍ମକର୍ତ୍ତାଙ୍କୁ ଧନ୍ୟବାଦ ଜଣାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଉତ୍କଳ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ରିଡ଼ର ଡକ୍ଟର କୁଞ୍ଜମଣି ସାମଲ ପୁସ୍ତକର ପାଣ୍ଡୁଲିପିଟି ପଢ଼ି ବହୁମୂଲ୍ୟବାନ ଉପଦେଶ ଦେଇଥିବାରୁ ତାଙ୍କଠାରେ କୃତଜ୍ଞତା ଜ୍ଞାପନ କରୁଅଛୁଁ ।

ସନ୍ତୋଷ କୁମାର ରଥ
ହରେକୃଷ୍ଣ ପଟ୍ଟନାୟକ

List of Reference Books

1. **A Text-book of Physics,**
   J. Duncan and S. G. Starling
2. **Intermediate Physics,**
   S. C. Ray Chaudhury and D. B. Sinha
3. **College Physics,**
   K. Samal, A. K. Meeshraw and P. K. Mohapatra
4. **College Physics,**
   L. Weber, V. Manning and W. White
5. **Intermediate Physics,**
   R. A. Huston (Longmans)

ସୂଚୀପତ୍ର

ସାଧାରଣ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ

ପ୍ରଥମ ଅଧ୍ୟାୟ
ମାପ
Measurements

1.1 ଉପକ୍ରମ :

ଚକ୍ଷୁ, କର୍ଣ୍ଣ, ନାସା ଜିହ୍ୱା ଓ ତ୍ୱକ୍—ଏହି ପଞ୍ଚେନ୍ଦ୍ରିୟ ସାହାଯ୍ୟରେ ମାନବ ସମସ୍ତ-ପ୍ରକାର ଅନୁଭୂତି ଲାଭ କରେ । ଇନ୍ଦ୍ରିୟଲବ୍ଧ ଏହି ଅଭିଜ୍ଞତାହିଁ ଜ୍ଞାନ । ଯୁଗ ଯୁଗ ଧରି ସଞ୍ଚିତ ଏହି ଜ୍ଞାନର ପରିଧି ଆଜି ବହୁଦୂର ପ୍ରସାରିତ । ଯେକୌଣସି ସୁନିୟମିତ ଓ ସୁବିନ୍ୟସ୍ତ ଜ୍ଞାନକୁ ଆମେ ବିଜ୍ଞାନ କହିଥାଉଁ । ବିଜ୍ଞାନରେ ପଦାର୍ଥ ଓ ଶକ୍ତି ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଥାଏ ।

ଯାହା କୌଣସି ସ୍ଥାନ ଅଧିକାର କରି ରହେ ତାହାକୁ **ପଦାର୍ଥ** (Matter) କହନ୍ତି । ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ ଅଛି । ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ଆମେ ଇନ୍ଦ୍ରିୟ ସାହାଯ୍ୟରେ ଉପଲବ୍ଧି କରିପାରୁ । ବିଶ୍ୱ ପ୍ରକୃତିରେ ସଚେତନ ଓ ଅଚେତନ ବା ଜଡ଼—ଏହି ଦୁଇ ପ୍ରକାର ପଦାର୍ଥ ବିଦ୍ୟମାନ । ଉଦ୍ଭିଦ ଓ ପ୍ରାଣୀ ସଚେତନ ପଦାର୍ଥ । କାଠ, ଲୁହା, ପଥର, ବାୟୁ, ଅମ୍ଳଜାନ ଇତ୍ୟାଦି ଅଚେତନ ବା ଜଡ଼ ପଦାର୍ଥ । ପଦାର୍ଥ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଥାଇ ତାହାର କ୍ରିୟା-କଳାପକୁ ଯିଏ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରେ ତାହାକୁ **ଶକ୍ତି** (Energy) କହନ୍ତି । ପଦାର୍ଥ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ନଥାଇ ଶକ୍ତି କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ ନାହିଁ । ପୂର୍ବେ ପଦାର୍ଥ ଓ ଶକ୍ତି ଦୁଇଟି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପୃଥକ୍ ବିଷୟ ରୂପେ ପରିଗଣିତ ହେଉଥିଲା । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତରେ ପଦାର୍ଥ ଓ ଶକ୍ତି ଏକ ବାସ୍ତବତାର ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ରୂପ ମାତ୍ର । ଶକ୍ତି ପଦାର୍ଥରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇପାରେ ଓ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୋଇପାରେ । ଶକ୍ତି ବିଭିନ୍ନ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶ ପାଇଥାଏ । ଯଥା—ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି (Mechanical Energy), ଆଲୋକ ଶକ୍ତି (Light Energy), ତାପଶକ୍ତି (Heat Energy), ଧ୍ୱନିଶକ୍ତି (Sound Energy), ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି (Electrical Energy) ଇତ୍ୟାଦି । ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ (Physics)ରେ ଶକ୍ତି ଓ ଜଡ଼ ପଦାର୍ଥ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଘଟନାବଳୀର ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଥାଏ । ଆଲୋଚନାର ସୁବିଧା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନକୁ ସାଧାରଣତଃ କେତୋଟି ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇଛି । ଯଥା—ସାଧାରଣ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ (General Physics), ତାପ ବିଜ୍ଞାନ (Heat), ଧ୍ୱନି ବିଜ୍ଞାନ (Sound), ଆଲୋକ ବିଜ୍ଞାନ (Light), ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନ (Magnetism) ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ବିଜ୍ଞାନ (Electricity) ।

ସାଧାରଣ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ପଦାର୍ଥର ସାଧାରଣ ଧର୍ମ, ଶକ୍ତିର ନାନା କ୍ରିୟା ଓ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ବିଶେଷଭାବରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଏ । ଅନ୍ୟ ବିଭାଗଗୁଡ଼ିକରେ ଶକ୍ତିର ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ ବିଶେଷ ରୂପ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଥାଏ ।

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ସିଦ୍ଧାନ୍ତଗୁଡ଼ିକ ନିର୍ଭୁଲ ମାପ ଉପରେ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ । ମାପ, ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ଏକ ଅପରିହାର୍ଯ୍ୟ ଅଙ୍ଗ କହିଲେ ଅତ୍ୟୁକ୍ତି ହେବ ନାହିଁ । କୌଣସି ପରିମାପ ଯୋଗ୍ୟ ବିଷୟକୁ **ପ୍ରାକୃତିକ ବା ଭୌତିକ ରାଶି** (Physical Quantity) କହନ୍ତି ।

1.2 ଏକକ (Units) :

କୌଣସି ପ୍ରାକୃତିକ ରାଶିକୁ ମାପିବା ଅର୍ଥ ସେହି ପ୍ରକାର ରାଶିର ମାନକ (Standard) ମାପ ସହିତ ତାହାକୁ ତୁଳନା କରିବା । ଏହି ମାନକ ମାପକୁ **ଏକକ** କହନ୍ତି । ତେଣୁ କୌଣସି ପ୍ରାକୃତିକ ବା ଭୌତିକ ରାଶିକୁ ମାପିବାକୁ ହେଲେ ତାହାର ସୁବିଧାଜନକ ଗୋଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଂଶକୁ ଏକକ ରୂପେ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଏ ଏବଂ ସେହି ରାଶିର ମାପକୁ ଏହି ଏକକ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ମନେକର ଗୋଟିଏ ଦଉଡ଼ିର ଲମ୍ବ ୪ ମିଟର । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆମେ ଏକ ମିଟରକୁ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକକ ରୂପେ ଗ୍ରହଣ କରିଛୁ ଏବଂ ମାପି ଦେଖିଛୁ ଯେ ଦଉଡ଼ିଟିର ଲମ୍ବ ଏହି ମିଟର ଏକକର ୪ ଗୁଣ । ବିଭିନ୍ନ ପରିମାପଯୋଗ୍ୟ ବିଷୟର ମାପପାଇଁ ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ ନିଜସ୍ୱ ଏକକର ପ୍ରୟୋଜନ । ଦୈର୍ଘ୍ୟ, କ୍ଷେତ୍ରଫଳ, ଆୟତନ, ସମୟ, ତାପମାତ୍ରା ଇତ୍ୟାଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରିମାପଯୋଗ୍ୟ ବିଷୟପାଇଁ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଏକକର ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ଭୌତିକ ରାଶି ଯେତେପ୍ରକାର ଏକକ ମଧ୍ୟ ସେତେ ପ୍ରକାର । ସୁବିଧା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଏହି ଏକକଗୁଡ଼ିକୁ ଦୁଇଟି ଶ୍ରେଣୀରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇଛି—**ମୌଳିକ ବା ମୂଳ ଏକକ** (Fundamental unit) ଓ **ଲବ୍ଧ ଏକକ** (Derived Unit) ।

1.3 ମୌଳିକ ଓ ଲବ୍ଧ ଏକକ :

ଦୈର୍ଘ୍ୟ (Length), ବସ୍ତୁତ୍ୱ (Mass) ଓ ସମୟ (Time)ର ଏକକକୁ **ମୌଳିକ ବା ମୂଳ ଏକକ** କହନ୍ତି । ଏହି ତିନୋଟି ଏକକ ପରସ୍ପରଠାରୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପୃଥକ୍ ଏବଂ ସ୍ୱାଧୀନ । ଏଗୁଡ଼ିକ ଅନ୍ୟ କାହାରି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରନ୍ତି ନାହିଁ । ସେଥିପାଇଁ ଏଗୁଡ଼ିକୁ ମୌଳିକ ଏକକ ବୋଲି ଧରାଯାଏ । ଅନ୍ୟ ସମସ୍ତ ଭୌତିକ ରାଶିର ଏକକ ଏହି ମୌଳିକ ଏକକଗୁଡ଼ିକରୁ ଗଠିତ ହୋଇଥାଏ । ମୌଳିକ ଏକକରୁ ଗଠିତ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଏକକଗୁଡ଼ିକୁ **ଲବ୍ଧ ଏକକ** କହନ୍ତି । ଲବ୍ଧ ଏକକ ଏକ ବା ଏକାଧିକ ମୌଳିକ ଏକକଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଉଦାହରଣସ୍ୱରୂପ—ଏକକ-ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବାହୁଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ଗୋଟିଏ ବର୍ଗକ୍ଷେତ୍ରର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଏକ ବର୍ଗ ଏକକ (Unit Area) ଅଟେ । ସେହିପରି ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବାହୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଘନକ (Cube)ର ଆୟତନ ଏକ ଘନ ଏକକ (Unit Volume) । ଅତଏବ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଏକକ ଓ ଆୟତନର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ମୌଳିକ ଏକକରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ଦୁଇଟି ଲବ୍ଧ ଏକକ ମାତ୍ର । ଏହିପରି ଗତିବେଗ, ବଳ ପ୍ରଭୃତିର ଏକକ ଉପରୋକ୍ତ ମୌଳିକ ଏକକ ତିନୋଟିରୁ ଗଠନ କରାଯାଏ ।

1·4 ମୌଳିକ ଏକକର ବିଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତି (Systems of Fundamental Units) :

ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ମାପର ବିଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତି ପ୍ରଚଳିତ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ **ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତି** ଓ **ବ୍ରିଟିଶ ପଦ୍ଧତି** ପ୍ରଧାନ ।

ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତି—ଏହା ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ସ୍ୱୀକୃତ ପଦ୍ଧତି । ଏହି ପଦ୍ଧତିରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ସେଣ୍ଟିମିଟରଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ଗ୍ରାମ୍‌ଦ୍ୱାରା ଓ ସମୟକୁ ସେକେଣ୍ଡଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଇଂରାଜୀରେ ସେଣ୍ଟିମିଟରର ଆଦ୍ୟ ଅକ୍ଷର C, ଗ୍ରାମ୍‌ର G ଓ ସେକେଣ୍ଡର S ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ପଦ୍ଧତିକୁ ସି. ଜି. ଏସ୍ ପଦ୍ଧତି (C.G. S. System) ମଧ୍ୟ କହନ୍ତି । ଫରାସୀ ଦେଶରେ ଏହି ପଦ୍ଧତିର ଜନ୍ମ ବୋଲି ଏହା ଫରାସୀ ପଦ୍ଧତି ରୂପେ ମଧ୍ୟ ପରିଚିତ । ସମ୍ପ୍ରତି

ଆମ ଦେଶରେ ଏହି ପଦ୍ଧତିର ପ୍ରଚଳନ କରାଯାଇଛି । ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ମାନକ ମିଟରର ଏକ ଶତାଂଶକୁ ଏକ ସେଣ୍ଟିମିଟର କହନ୍ତି । ଏହି ପଦ୍ଧତିର ଏକ ସେଣ୍ଟିମିଟରହିଁ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକକ । ପ୍ୟାରିସ୍‌ଠାରେ ଥିବା ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ **ମାନକ** ମିଟର, ପ୍ଲାଟିନମ-ଇରିଡିୟମ ମିଶ୍ର ଧାତୁରେ ନିର୍ମିତ ଏକ ଦଣ୍ଡ । 10° ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ତାପମାତ୍ରାରେ ଏହି ଦଣ୍ଡଟିର ଦୁଇଟି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତାକୁ ଏକ ମିଟର ବୋଲି ଧରାଯାଇଛି । ଛୋଟ ବା ବଡ଼ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପପାଇଁ ସୁବିଧାନୁସାରେ ଏହି ମିଟରର ଭଗ୍ନାଂଶ ବା ଗୁଣିତାଂଶ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ମିଟରର ଭଗ୍ନାଂଶ ବା ଗୁଣିତାଂଶ ଏକ ବା ଏକାଧିକ ଦଶଦ୍ୱାରା ଯଥାକ୍ରମେ ହରଣ ବା ଗୁଣନ କରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ତେଣୁ ଛୋଟ ଏକକକୁ ବଡ଼ ଏକକରେ ବା ବଡ଼ ଏକକକୁ ଛୋଟ ଏକକରେ ପରିଣତ କରିବା ଅତ୍ୟନ୍ତ ସହଜ । ସେଥିପାଇଁ କେବଳ ଦଶମିକର ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବାକୁ ପଡ଼େ ।
35·28 ମିଟର, 325·8 ଡେସିମିଟର ବା 3528 ସେଣ୍ଟିମିଟର ସହିତ ସମାନ ।

ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପର ମେଟ୍ରିକ ଏକକ ତାଲିକା :

10 ମିଲିମିଟର = 1 ସେଣ୍ଟିମିଟର
10 ସେଣ୍ଟିମିଟର = 1 ଡେସିମିଟର
10 ଡେସିମିଟର = 1 ମିଟର
10 ମିଟର = 1 ଡେକାମିଟର
10 ଡେକାମିଟର = 1 ହେକ୍ଟୋମିଟର
10 ହେକ୍ଟୋମିଟର = 1 କିଲୋମିଟର

ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକକ ଗ୍ରାମ୍ । ପ୍ୟାରିସ୍‌ଠାରେ ସଂରକ୍ଷିତ ଆନ୍ତର୍ଜ୍ୟାତିକ ଏକ ମାନକ କିଲୋଗ୍ରାମ୍‌ର ହଜାର ଭାଗରୁ ଭାଗେକୁ ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ବୋଲି ଧରାଯାଇଛି । ଏହି କିଲୋଗ୍ରାମଟି ମଧ୍ୟ ପ୍ଲାଟିନମ୍-ଇରିଡିୟମ ମିଶ୍ର ଧାତୁରେ ତିଆରି । ଛୋଟ ବା ବଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମାପପାଇଁ ସୁବିଧାନୁଯାୟୀ ଏହି କିଲୋଗ୍ରାମ୍‌ର ଭଗ୍ନାଂଶ ବା ଗୁଣିତାଂଶ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ବସ୍ତୁତ୍ୱମାପର ମେଟ୍ରିକ ଏକକ ତାଲିକା

10 ମିଲିଗ୍ରାମ୍ = 1 ସେଣ୍ଟିଗ୍ରାମ୍
10 ସେଣ୍ଟିଗ୍ରାମ୍ = 1 ଡେସିଗ୍ରାମ୍
10 ଡେସିଗ୍ରାମ୍ = 1 ଗ୍ରାମ୍
1000 ଗ୍ରାମ୍ = 1 କିଲୋଗ୍ରାମ୍
100 କିଲୋଗ୍ରାମ୍ = 1 କ୍ୱିଣ୍ଟାଲ୍

ପୃଥିବୀର ଆହ୍ନିକଗତି ଯୋଗୁଁ ଆକାଶରେ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଗତି କଲପରି ପ୍ରତୀୟମାନ ହୁଏ । ଭୂପୃଷ୍ଠର କୌଣସି ସ୍ଥାନର ମଧ୍ୟରେଖାରୁ ପୁନର୍ବାର ସେହି ମଧ୍ୟରେଖାକୁ ଫେରି ଆସିବାପାଇଁ ସୂର୍ଯ୍ୟକୁ ଯେତେ ସମୟ ଲାଗେ ତାହାକୁ ଏକ **ସୌର ଦିବସ** (Solar day) କହନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସୌର ଦିବସର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସମାନ ନୁହେଁ । ତେଣୁ ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ ସବୁ ସୌର ଦିବସର ହାରାହାରି ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହୁଏ । ଏହାକୁ **ହାରାହାରି ସୌର ଦିବସ** (Mean Solar day) କହନ୍ତି । ହାରାହାରି ସୌର ଦିବସର $\frac{1}{86400}$ ଅଂଶକୁ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ କହନ୍ତି । ମେଟ୍ରିକ ଓ ବ୍ରିଟିଶ ଉଭୟ ପଦ୍ଧତିରେ ସମୟର ଏକକ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ।

60 ସେକେଣ୍ଡ=1 ମିନିଟ୍
60 ମିନିଟ୍=1 ଘଣ୍ଟା
(60×60×24) ସେକେଣ୍ଡ=86400 ସେକେଣ୍ଡ=1 ହାରାହାରି ସୌରଦିବସ

ବ୍ରିଟିଶ ପଦ୍ଧତି :

ଏହି ପଦ୍ଧତିରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ଫୁଟ, ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ପାଉଣ୍ଡ ଓ ସମୟକୁ ସେକେଣ୍ଡଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଇଂରାଜୀରେ ଫୁଟର ଆଦ୍ୟ ଅକ୍ଷର F, ପାଉଣ୍ଡର ଆଦ୍ୟ ଅକ୍ଷର P ଏବଂ ସେକେଣ୍ଡର ଆଦ୍ୟ ଅକ୍ଷର S ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ପଦ୍ଧତିକୁ ଏଫ. ପି. ଏସ୍ ପଦ୍ଧତି (F.P.S. System) ମଧ୍ୟ କହନ୍ତି । ସାଧାରଣତଃ ଇଂରାଜୀ ଭାଷାଭାଷୀ ଦେଶମାନଙ୍କରେ ଏହି ପଦ୍ଧତି ଅନୁସରଣ କରାଯାଏ । ଅଳ୍ପ ବର୍ଷ ପୂର୍ବେ ଭାରତରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ପଦ୍ଧତି ଅନୁସୃତ ହେଉଥିଲା । ଲଣ୍ଡନରେ ସୁରକ୍ଷିତ ଏକ ବ୍ରଞ୍ଜ ନିର୍ମିତ ଧାତବ ଦଣ୍ଡର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଦୁଇଟି ସରୁ ଦାଗ ଦିଆଯାଇଛି । 62°ଫାରେନ୍‌ହାଇଟ୍ ତାପମାତ୍ରାରେ ଏହି ଦୁଇ ଦାଗ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱକୁ ଏକ ଗଜ ବୋଲି ଧରାଯାଇଛି । ଏହି ଗଜର ଏକ ତୃତୀୟାଂଶକୁ ଏକ ଫୁଟ କହନ୍ତି । ବ୍ରିଟିଶ ପଦ୍ଧତିରେ ଏକ ଫୁଟକୁ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକକ ରୂପେ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଛି । ଛୋଟ ବା ବଡ଼ ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ମାପିବାପାଇଁ ଏହି ଫୁଟର ଭଗ୍ନାଂଶ ବା ଗୁଣିତାଂଶ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପର ବ୍ରିଟିଶ ଏକକ ତାଲିକା :

12 ଇଞ୍ଚ=1 ଫୁଟ
3 ଫୁଟ=1 ଗଜ
220 ଗଜ=1 ଫର୍ଲଙ୍ଗ
8 ଫର୍ଲଙ୍ଗ=1 ମାଇଲ

ଦୁଇଟି ପଦ୍ଧତିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ :

1 ଇଞ୍ଚ=2·54 ସେଣ୍ଟିମିଟର
1 ଗଜ=0·91 ମିଟର
1 ମାଇଲ=1·609 କିଲୋମିଟର
1 ମିଟର=39·37 ଇଞ୍ଚ
1 କିଲୋମିଟର=0·621 ମାଇଲ

ବ୍ରିଟିଶ ପଦ୍ଧତିରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକକ ପାଉଣ୍ଡ । ଲଣ୍ଡନଠାରେ ଏକ ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ପିଣ୍ଡ ସୁରକ୍ଷିତ ହୋଇଅଛି । ଛୋଟ ଓ ବଡ଼ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମାପପାଇଁ ସୁବିଧାନୁସାରେ ପାଉଣ୍ଡର ଭଗ୍ନାଂଶ ବା ଗୁଣିତାଂଶ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମାପର ବ୍ରିଟିଶ ଏକକ ତାଲିକା :

16 ଡ୍ରାମ୍=1 ଆଉନସ
16 ଆଉନସ=1 ପାଉଣ୍ଡ
28 ପାଉଣ୍ଡ=1 କୋୟାର୍ଟାର
(4×28) ପାଉଣ୍ଡ=1 ହନ୍ଦର
(20×4×28) ପାଉଣ୍ଡ=1 ଟନ୍

ଦୁଇଟି ପଦ୍ଧତିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମାପ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ :

1 ପାଉଣ୍ଡ = 453·6 ଗ୍ରାମ
1 ଆଉନ୍‌ସ = 28·35 ଗ୍ରାମ୍
1 କିଲୋଗ୍ରାମ୍ = 2·205 ପାଉଣ୍ଡ
1 ଟନ୍ = 1016·05 କିଲୋଗ୍ରାମ୍ ।

ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିର ସୁବିଧା :

(1) ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏବଂ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏକକଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ ଯେକୌଣସି ଏକକ ତା'ର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଛୋଟ ଏକକର ଦଶଗୁଣ ବା ତା'ର ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ ବଡ଼ ଏକକର ଦଶ ଭାଗରୁ ଭାଗେ । ତେଣୁ କେବଳ ଦଶମିକ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନକରି ଛୋଟ ଏକକକୁ ବଡ ଏକକ ବା ବଡ ଏକକକୁ ଛୋଟ ଏକକରେ ପରିଣତ କରାଯାଇପାରେ ।

(2) ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକକ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ଅତି ସରଳ ଓ ସୁବିଧାଜନକ । ଉଦାହରଣସ୍ୱରୂପ, 4° ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ତାପମାତ୍ରାରେ ଏକ ଘନ ସେଣ୍ଟିମିଟର ବିଶୁଦ୍ଧ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏକ ଗ୍ରାମ୍ । ତେଣୁ ଜଳର ଆୟତନ ଘନ ସେଣ୍ଟିମିଟରରେ ଜଣାଥିଲେ ସହଜରେ ତାହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହୁଏ । କିନ୍ତୁ ବ୍ରିଟିଶ ପଦ୍ଧତିରେ ଏକ ଘନଫୁଟ ବିଶୁଦ୍ଧ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ = 62·5 ପାଉଣ୍ଡ ।

(3) ପୃଥିବୀର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦେଶରେ ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତି ବିଜ୍ଞାନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅନୁସୃତ ହେଉଅଛି ।

ସାରାଂଶ

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ଏକ ନିଶ୍ଚିତ ଓ ପ୍ରମାଣଯୋଗ୍ୟ ବିଜ୍ଞାନ ।

ମାପ, ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ଏକ ଅପରିହାର୍ଯ୍ୟ ଅଙ୍ଗ । କୌଣସି ପ୍ରାକୃତିକ ରାଶିକୁ ମାପିବା ଅର୍ଥ ସେହିପ୍ରକାର ରାଶିର ମାନକ ମାପ ସହିତ ତାହାକୁ ତୁଳନା କରିବା । ଦୈର୍ଘ୍ୟ, ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ସମୟର ଏକକକୁ ମୌଳିକ ଏକକ କହନ୍ତି । ମୌଳିକ ଏକକରୁ ଗଠିତ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଏକକଗୁଡ଼ିକୁ ଲବ୍‌ଧ ଏକକ କହନ୍ତି । ମାପର ଦୁଇଟି ପ୍ରଧାନ ପଦ୍ଧତି—ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତି ଓ ବ୍ରିଟିଶ ପଦ୍ଧତି ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ମାପର ଏକକ କ'ଣ ? ମାପପାଇଁ ସାଧାରଣତଃ କେଉଁ ଦୁଇଟି ପଦ୍ଧତି ଅନୁସୃତ ହୁଏ ? ସେହି ପଦ୍ଧତିଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କେଉଁ ପଦ୍ଧତିଟି ଅଧିକ ସୁବିଧାଜନକ ଓ କାହିଁକି ?

2. ମୌଳିକ ଏକକ ଓ ଲବ୍‌ଧ ଏକକ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଉଦାହରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ବୁଝାଇଦିଅ ।

3. ମୌଳିକ ଏକକ କାହାକୁ କହନ୍ତି ? ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ମୌଳିକ ଏକକଗୁଡ଼ିକ କ'ଣ ?

4. ଏକ ଘନଇଞ୍ଚ କେତେ ଘନ ସେ:ମି ସଙ୍ଗେ ସମାନ ?
(ଉ. 16·39 ଘନ ସେ:ମି)

———

ଦ୍ୱିତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ

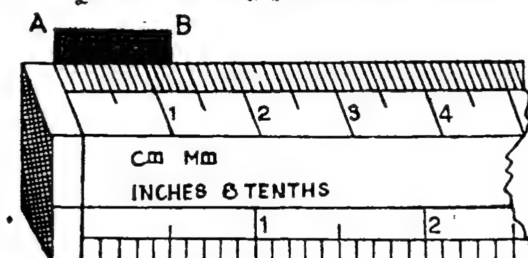
ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପ, ଭର୍ନିୟର୍ ସ୍କେଲ ସ୍ଲାଇଡ଼୍ କ୍ୟାଲିପରସ୍, ସ୍କ୍ରୁଗେଜ ଓ ସ୍ଫେରୋମିଟର

Measurement of length, Vernier Scale, Slide Callipers, Screwgauge, Spherometer

2.1 ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପ :

ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପ ପାଇଁ ସାଧାରଣତଃ ସ୍କେଲ, ଫିତା, ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ଇତ୍ୟାଦି ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । କେତେ ବଡ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପିବାକୁ ହେବ ଓ ତାହା କେତେଦୂର ନିର୍ଭୁଲ ଭାବରେ ମାପିବା ଦରକାର ଏହା ବିବେଚନାକରି ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରିମାପ ଯନ୍ତ୍ର ନିର୍ବାଚନ କରାଯାଏ । ସରଳ-ରେଖାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିରୂପଣ କରିବାପାଇଁ ସାଧାରଣତଃ ସ୍କେଲପଟା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ସାଧାରଣ ସ୍କେଲପଟାର ଗୋଟିଏ ପାଖରେ ଇଞ୍ଚର ଦାଗ ଓ ଅନ୍ୟ ପାଖରେ ସେଣ୍ଟିମିଟର ଦାଗ ଦିଆ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ସେଣ୍ଟିମିଟରକୁ ପୁଣି ଦଶ ସମାନ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତକରି ମିଲିମିଟର ଦାଗମାନ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଇଞ୍ଚକୁ 8, 10 ବା 16 ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ । ସ୍କେଲର ସର୍ବାପେକ୍ଷା ଛୋଟ ଭାଗର ମାନ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସେହି ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ମାପି ହୁଏ ନାହିଁ । ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ଯେଉଁ କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସଠିକଭାବରେ ମପାଯାଇପାରେ ତାହାକୁ ସେହି ସ୍କେଲର **ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ** (Least Count) କହନ୍ତି । ସାଧାରଣ ସ୍କେଲର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ 0·1 ସେ:ମି ।

କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିରୂପଣ କରିବାକୁ ହେଲେ ଏହାର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ସ୍କେଲର ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ ବଡ ଦାଗ ସହିତ ମିଶାଇ ରଖାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁଟିର ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତଟି ସ୍କେଲର କେଉଁ ଦାଗ ସହିତ ମିଶି ଅଛି ଦେଖିବାକୁ ହୁଏ । ଡାହାଣ ପ୍ରାନ୍ତର ପାଠ (reading) ରୁ ବାମ ପ୍ରାନ୍ତର ପାଠ ବିୟୋଗ କଲେ ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଜଣାପଡ଼େ । କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ସ୍କେଲର ଗୋଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ସହିତ ମିଶାଇ



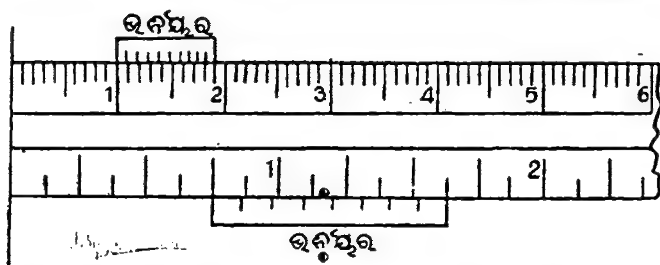
ଚିତ୍ର-1 ଫୁଟ ସ୍କେଲ

ରଖିଲେ ତାହାର ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତଟି ସ୍କେଲର ଦୁଇଟି ଦାଗର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ରହେ । ଚିତ୍ର 1 ରେ AB ଦଣ୍ଡଟିର B ପ୍ରାନ୍ତଟି 1·3 ସେ.ମି ଓ 1·4 ସେ.ମି ଦାଗ ଭିତରେ ଅବସ୍ଥିତ ।

ଦଣ୍ଡଟିର ଲମ୍ବ 1·3 ସେ:ମିରୁ ଅଧିକ କିନ୍ତୁ 1·4 ସେ:ମିରୁ କମ୍ ଦଣ୍ଡର ଲମ୍ବ 1·3 ସେ:ମିରୁ କେତେ ଅଧିକ ଏହି ସ୍କେଲରୁ ତାହା ସଠିକ ଭାବରେ ଜାଣିବା ଅସମ୍ଭବ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆମେ କେବଳ ଅନ୍ଦାଜରେ ଦଣ୍ଡଟିର ଲମ୍ବ ସ୍ଥିର କରିପାରିବା । 1·3 ସେ:ମି ଓ 1·4 ସେ:ମି ଦାଗ ଦୁଇଟିର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନକୁ ଆମେ ମନେ ମନେ ଦଶଭାଗକରି B ପ୍ରାନ୍ତଟି ସେଥିମଧ୍ୟରୁ କେତେ ଭାଗ ଦଖଲ କରିଛି ଅନ୍ଦାଜରେ ଠିକ୍ କରୁ । ମନେକର ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ଦଶଭାଗରୁ 4 ଭାଗ ସ୍ଥାନ ଦଖଲ କରିଛି । ତାହାହେଲେ ଦଣ୍ଡଟିର ଲମ୍ବ (1·3+0·04) =1·34 ସେ:ମି । କିନ୍ତୁ ଏହି ମାପ ନିର୍ଭୁଲ ହୋଇନପାରେ । ବ୍ୟକ୍ତିବିଶେଷରେ ଏଥିରେ ତାରତମ୍ୟ ହେବା ସ୍ୱାଭାବିକ । ତେଣୁ ସ୍କେଲର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପଠାରୁ କମ୍ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସେହି ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ସଠିକ ଭାବରେ ମାପିବା ଅସମ୍ଭବ । ପୁଣି ଏକ ସେଣ୍ଟିମିଟରକୁ ମଧ୍ୟ 10 ବା 20 ଭାଗରୁ ଅଧିକ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କଲେ ଭାଗଗୁଡ଼ିକ ଏତେ ଛୋଟ ହେବ ଯେ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପିବା କଷ୍ଟକର ହୋଇପଡ଼ିବ ।

2.2 ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ (Vernier Scale) :

ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ସାଧାରଣ ସ୍କେଲ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକତର ସଠିକ ମାପ ନିଆଯାଇପାରେ । ଫରାସୀ ବୈଜ୍ଞାନିକ ପିୟେର ଭରନିୟର ଏହି ସ୍କେଲଟି ଉଦ୍ଭାବନକରି ଥିବାରୁ ତାଙ୍କ ନାମାନୁସାରେ ଏହାକୁ ଭରନିୟର ସ୍କେଲ କହନ୍ତି । **ଭର୍ନିୟର** ଏକ ସାହାଯ୍ୟକାରୀ କ୍ଷୁଦ୍ର ସ୍କେଲ । ଏହାର ଗୋଟିଏ ଧାର ସାଧାରଣ ସ୍କେଲର ଗୋଟିଏ ଧାର ଉପରେ ପ୍ରୟୋଜନ ଅନୁସାରେ ଡାହାଣ ଓ ବାମକୁ ଗତିକରିପାରେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସାଧାରଣ ସ୍କେଲକୁ **ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ** (Main Scale) କୁହାଯାଏ । ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର ଭାଗଗୁଡ଼ିକ ଏପରି କରାଯାଇଥାଏ ଯେ, ଏହାର n ସଂଖ୍ୟକ ଭାଗର ମୋଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର n–1 ବା କେତେକ ସ୍ଥଳରେ (n+1)ସଂଖ୍ୟକ ଭାଗର ମୋଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସମାନ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ



ଚିତ୍ର-2-ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ

ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର ଏକ ଭାଗର ମାନ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଏକ ଭାଗର ମାନ ସହିତ କଦାପି ସମାନ ହୁଏ ନାହିଁ । ସ୍କେଲ ଦୁଇଟିର ଭାଗର ମାନ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟକୁ **ଭର୍ନିୟରର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ** (Least Count) କହନ୍ତି ।

ମନେକର ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଭାଗର ମାନ=S ଏବଂ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର ଗୋଟିଏ ଭାଗର ମାନ=V । ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭର୍ନିୟର n ଭାଗ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର (n—1) ଭାଗ ସହିତ ସମାନ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ $nV=(n-1)\ S$

$$\text{ବା}\quad V=\frac{n-1}{n}S$$

ଏଠାରେ ଏକ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ ଏକ ଭର୍ନିୟର ଭାଗ ଅପେକ୍ଷା ବଡ଼ ।

ତେଣୁ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ $=S-V=S-\left(\frac{n-1}{n}\right)S = \frac{1}{n}S$

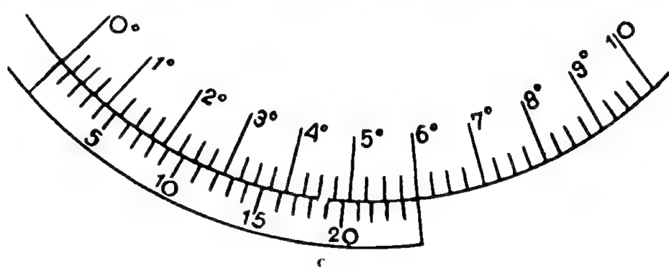
ଏହି ଜାତୀୟ ଭର୍ନିୟରକୁ **ଅଗ୍ର-ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଭର୍ନିୟର** (Forward reading Vernier) କୁହାଯାଏ ।

ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର n ଭାଗ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର n+1 ଭାଗ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ, ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ $nV=(n+1)S$

ବା $V = \frac{n+1}{n}S$ ଏଠାରେ ଏକ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ-ଭାଗ ଏକ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ ଅପେକ୍ଷା ବଡ଼ ।

ତେଣୁ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ $=V-S=\left(\frac{n+1}{n}\right)S-S=\frac{1}{n}S$

ବ୍ୟବହାରର ସୁବିଧାପାଇଁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭର୍ନିୟର ଦାଗଗୁଡ଼ିକର ସୂଚକ ସଂଖ୍ୟା ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଦାଗଗଡ଼ିକର ସୂଚକ ସଂଖ୍ୟାର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଡାହାଣରୁ ବାମକୁ ବଢିଥାଏ । ଏହି ଜାତୀୟ ଭର୍ନିୟରକୁ **ପଶ୍ଚାତ୍ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଭର୍ନିୟର** (Backward reading Vernier) କହନ୍ତି । ଅବଶ୍ୟ ଆଜିକାଲି ଏ ଜାତୀୟ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର ବ୍ୟବହାର କ୍ୱଚିତ୍ ଦେଖାଯାଏ । ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ଯେ କେବଳ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମପା ଯାଇପାରେ ତା ନୁହେଁ । ସଠିକଭାବରେ କୋଣ ମାପିବାପାଇଁ ମଧ୍ୟ ଏହା ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲଟି ସରଳ ହେଲେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ସରଳ



ଚିତ୍ର-3 ଭର୍ନିୟର ମାପ

ହୁଏ । ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ କୌଣିକ ହେଲେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ମଧ୍ୟ କୌଣିକ ହୋଇଥାଏ । ଚିତ୍ର 3ରେ ଗୋଟିଏ କୌଣିକ ସ୍କେଲ ଓ ତତ୍‌ସଂଲଗ୍ନ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

ଏଠାରେ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଭାଗ$=\frac{1^\circ}{4}$ ଏବଂ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର 25 ଭାଗ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର 24 ଭାଗ ସହିତ ସମାନ । ତେଣୁ 25 ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ଭାଗ$=$24 ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ.

1 ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ଭାଗ$=\frac{24}{25}$ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ ।

ଏଠାରେ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ-ଭାଗ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ଭାଗ ଅପେକ୍ଷା ବଡ଼ ।

∴ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ=1 ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ—1 ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ଭାଗ

$$=\left(1-\frac{24}{25}\right)$$ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ

$=\frac{1}{25}$ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ

କିନ୍ତୁ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ $=\frac{1}{4}^\circ$

ତେଣୁ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ $=\left(\frac{1}{25}\times\frac{1}{4}^\circ\right)$

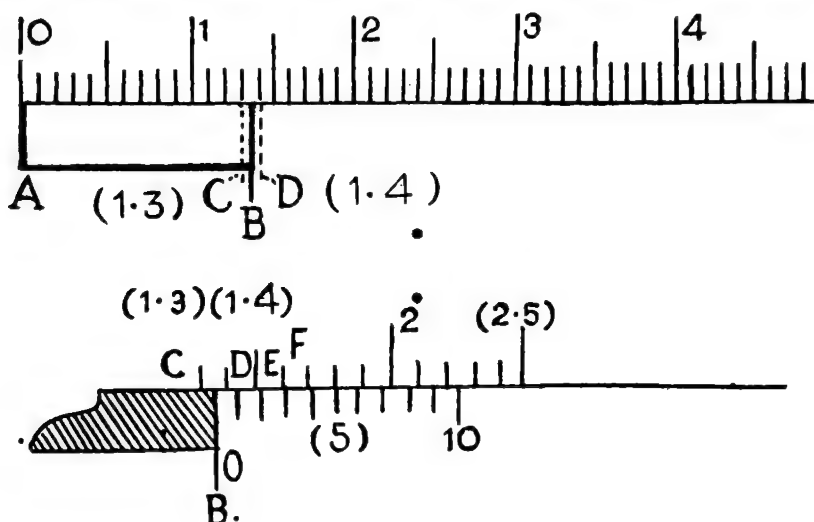
$=0{\cdot}01^\circ$

ଅର୍ଥାତ୍ ଏହି ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ $0{\cdot}01^\circ$ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କୋଣ ସଠିକଭାବରେ ମପା ଯାଇପାରେ

2.3 ଭର୍ନିୟର୍ ସ୍କେଲର ବ୍ୟବହାର ପ୍ରଣାଳୀ :

ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ : କୌଣସି ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ ନେବା ପୂର୍ବରୁ ତାହାର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପାୟରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ପ୍ରଥମେ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଭାଗର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ମନେକର ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଭାଗ=1 ମି:ମି=0·1 ସେ:ମି: । ତତ୍ପରେ ଭର୍ନିୟର୍ ସ୍କେଲର 0 ଚିହ୍ନିତ ଦାଗକୁ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଯେକୌଣସି ଦାଗ ସହିତ ମିଶାଇ



ଚିତ୍ର-4—ଭର୍ନିୟର ମାପ

ରଖାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର କେତୋଟି ଭାଗ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର କେତୋଟି ଭାଗ ସହିତ ସମାନ, ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ପଡ଼େ ।

ଯଦି 10 ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ଭାଗ=9 ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ ହୁଏ, ତେବେ 1 ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ଭାଗ $=\frac{9}{10}$ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏକ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭାଗ ଓ ଏକ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ଭାଗ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହାହିଁ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ।

∴ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ$=\left(1-\frac{9}{10}\right)$ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଭଗ ।
$=\left(\frac{1}{10}\times 0{\cdot}1\right)$ ସେ:ମି:
$=0{\cdot}01$ ସେ:ମି:

ମନେକର, AB ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପିବାକୁ ହେବ । ଚିତ୍ର 4ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲପରି AB ବସ୍ତୁଟିର A ପ୍ରାନ୍ତକୁ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର 0 ଚିହ୍ନିତ ଦାଗ ସହିତ ମିଶାଇ ରଖାଯାଉ । ବର୍ତ୍ତମାନ B ପ୍ରାନ୍ତଟି ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର କେଉଁ ଦାଗଠାରେ ଅଛି, ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା ଦରକାର । ଚିତ୍ରରେ ତାହା 1·3 ସେ:ମି ଓ 1·4 ସେ:ମି ଦାଗ ଦ୍ୱୟର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଅଛି । ତେଣୁ ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 1·3 ସେ:ମି: ରୁ ନିଶ୍ଚୟ ଅଧିକ । କିନ୍ତୁ କେତେ ଅଧିକ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା କଥା । ଏଠାରେ 1·3 ସେ:ମି:କୁ ପ୍ରଧାନ-ସ୍କେଲ-ପାଠ (Main Scale reading) କହିବା । କାରଣ ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ଏହି ମାପ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ସଠିକ-ଭାବରେ ମାପି ହେଉଛି । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତରେ ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 1·3 ସେ:ମି: ଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ । କେତେ ଅଧିକ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାପାଇଁ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର ସାହାଯ୍ୟ ନେବାକୁ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର 0 ଦାଗକୁ ବସ୍ତୁଟିର B ପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ଲଗାଇ ରଖାଯାଉ । ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର 1·3 ସେ:ମି: ଦାଗଠାରୁ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର 0 ଦାଗ ଯେତେଦୂର, AB ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 1·3 ସେ:ମି: ରୁ ସେତିକି ମାତ୍ର ଅଧିକ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଦେଖିବାକୁ ହେବ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର କେଉଁ ଦାଗ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର କୌଣସି ନା କୌଣସି ଦାଗ ସହିତ ମିଶି ରହିଛି ନଚେତ୍ ଅତି ନିକଟରେ ଅଛି । ଚିତ୍ର 4 ରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର 5 ସଂଖ୍ୟା ସୂଚକ ଦାଗଟି ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଗୋଟିଏ ଦାଗ ସହିତ ମିଶିଅଛି । ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର ଯେଉଁ ଦାଗ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଯେକୌଣସି ଦାଗ ସହିତ ମିଶିଥାଏ, ତାହାକୁ **ଭର୍ନିୟର-ମିଳନାଙ୍କ** (Vernier Coincidence) କହନ୍ତି । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭର୍ନିୟର ମିଳନାଙ୍କ=5 ।

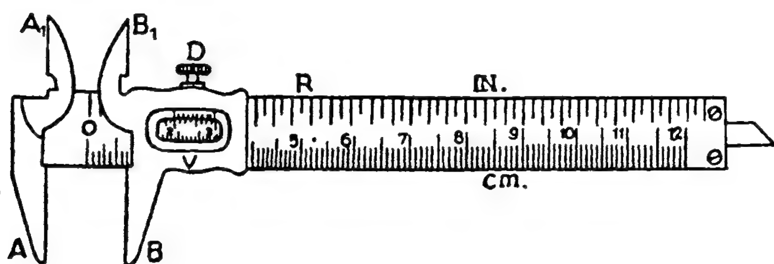
ବର୍ତ୍ତମାନ ଭର୍ନିୟର ମିଳନାଙ୍କକୁ ଭର୍ନିୟରର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ସହିତ ଗୁଣନ କଲେ ଉଲ୍ଲିଖିତ ଅତିରିକ୍ତ ଦୈର୍ଘ୍ୟଟି ନିରୂପିତ ହେବ ।

ଅର୍ଥାତ AB ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 1·3 ସେ:ମିରୁ କେତେ ବେଶୀ ଜଣାପଡ଼ିବ ।
∴ ଅତିରିକ୍ତ ଦୈର୍ଘ୍ୟ$=(5\times 0{\cdot}01)$ ସେ:ମି:
$=0{\cdot}05$ ସେ:ମି:
ତେଣୁ AB ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ$=(1.3+0{\cdot}05)$ ସେ:ମି:
$=1{\cdot}35$ ସେ:ମି:

2·4 ସ୍ଲାଇଡ୍-କ୍ୟାଲିପରସ୍ (Slide-Callipers) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି କ୍ଷୁଦ୍ର ବସ୍ତୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ, ପ୍ରସ୍ଥ, ଉଚ୍ଚତା, କୌଣସି ସିଲିଣ୍ଡର (Cylinder) ଓ ନଳର ବହିର୍ବ୍ୟାସ ବା ଅନ୍ତଃବ୍ୟାସ ଇତ୍ୟାଦି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଗୋଟିଏ ଇସ୍ପାତ ପାତ ଉପରେ ଅଙ୍କିତ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ (ଚିତ୍ର 5 ରେ R) ଓ ତତ୍‌ସଂଲଗ୍ନ

ଗୋଟିଏ ସାହାଯ୍ୟକାରୀ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ (ଚିତ୍ରରେ V) ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ପ୍ରଧାନ ଅଂଶ । ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଉପର ଅଂଶରେ ଇଞ୍ଚ ଓ ନିମ୍ନାଂଶରେ ସେଣ୍ଟିମିଟର ସ୍କେଲର ଦାଗମାନ ଦିଆ ଯାଇଥାଏ ।



ଚିତ୍ର-5—ସ୍ଲାଇଡ୍-କ୍ୟାଲିପରସ୍

ପ୍ରୟୋଜନ ଅନୁସାରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲଟି ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଉପରେ ଡାହାଣ ଓ ବାମକୁ ଗତି କରିପାରେ । ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ବାମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥିର ମାଢ଼ି (Fixed jaw) ଥାଏ । ଏହାର ସରଳଧାର AA_1 ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ସହିତ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ରହେ । ଗୋଟିଏ ଇସ୍ପାତ ନିର୍ମିତ ଖୋଳର ଉପର ଦୁଇ ଧାରରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ଅଙ୍କିତ ହୋଇଥାଏ । ଖୋଳଟିକୁ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଉପରେ ପିନ୍ଧାଇ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଖୋଳଟି ସଚଳମାଢ଼ି (Movable jaw) BB_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଏହା ପ୍ରୟୋଜନ ଅନୁସାରେ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଉପରେ ଗତି କରିପାରେ । ସଚଳ ମାଢ଼ି BB_1 ମଧ୍ୟ ସ୍କେଲ ସହିତ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ରହେ । ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଦାଗଗୁଡ଼ିକ ଦେଖିବାପାଇଁ ଖୋଳଟିର ମଧ୍ୟସ୍ଥଳ ଫାଙ୍କା ରଖାଯାଇଥାଏ । ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ଓ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳଭାବରେ ରହେ । ଗୋଟିଏ ନଟ୍ (ଚିତ୍ରରେ D) ସାହାଯ୍ୟରେ ସଚଳମାଢ଼ି ଓ ତତ୍‌ସହିତ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲଟିକୁ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଦୃଢ଼ଭାବରେ ଅଟକାଇ ରଖାଯାଇପାରେ । ଯନ୍ତ୍ରଟି ଏପରି ଭାବରେ ତିଆରି ଯେ ସଚଳ ମାଢ଼ି BB_1 ସ୍ଥିର ମାଢ଼ି AA_1 ସହିତ ମିଳିତ ହେବା ସମୟରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର 0 ଦାଗ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର 0 ଦାଗ ସହିତ ମିଳିତ ହୁଏ । ଯନ୍ତ୍ରର ନିମ୍ନବାହୁଦ୍ୱୟ AB ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ, ବହିର୍ବ୍ୟାସ ଇତ୍ୟାଦି ମପାଯାଏ ଓ ଉପର ବାହୁଦ୍ୱୟ A_1B_1 ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ନଳର ଅନ୍ତଃବ୍ୟାସ ଇତ୍ୟାଦି ମପାଯାଏ ।

ବ୍ୟବହାର ପଦ୍ଧତି :

ପ୍ରଥମେ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଭାଗର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏଥିପାଇଁ ଡିଭାଇଡ଼ର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଦଶଭାଗର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ମାନକ ସ୍କେଲ (Standard Scale) ଭାଗ ସହିତ ତୁଳନା କରିବା ଦରକାର । ତତ୍‌ପରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର କେତେଭାଗ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର କେତେଭାଗ ସହିତ ସମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହୁଏ । ଏଥିରୁ ଯନ୍ତ୍ରଟିର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଯେଉଁ ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପିବା ଦରକାର ତାହାର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତକୁ AA_1 ମାଢ଼ି ସହିତ ଲଗାଇ ରଖାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସଚଳ ମାଢ଼ି BB_1 କୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ଆଣି ବସ୍ତୁଟିର ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ଲଗାଇ ଦିଆଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ D ନଟ୍‌ଟିକୁ କସି ଦିଆଯାଏ, ଯେପରିକି ସଚଳ ମାଢ଼ି BB_1 ଟିକେ ହେଲେ ଘୁଞ୍ଚି ନଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର 0 ଦାଗରୁ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର 0 ଦାଗର ଦୂରତା ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସମାନ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ପାଠ (Main Scale reading) ଅର୍ଥାତ୍ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର 0 ଦାଗର

ଠିକ୍ ବାମକୁ ଥିବା ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ନିକଟତମ ଦାଗର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ତତ୍ପରେ ଭର୍ନିୟର ମିଳାନଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟକରି ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ସହିତ ଗୁଣନ କରିବାକୁ ହୁଏ । ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ପାଠ ସହିତ ଏହି ଗୁଣଫଳକୁ ଯୋଗକଲେ ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଜଣାପଡ଼େ । ଏହିପରି ଭାବରେ ଅନ୍ତତଃ ପାଞ୍ଚଥର ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟକରି ବସ୍ତୁଟିର ହାରାହାରି ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ ।

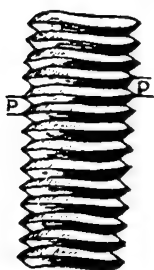
ଶୂନ୍ୟ ତ୍ରୁଟି ବା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ତ୍ରୁଟି (Zero error or Instrumental error) :

ସାଧାରଣତଃ AA_1 ମାଢ଼ି ସହିତ BB_1 ମାଢ଼ି ମିଳିତ ହେଲେ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର 0 ଦାଗ ଭର୍ନିୟର 0 ଦାଗ ସହିତ ମିଳିତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ କେତେକ ସ୍ଲାଇଡ୍‌କ୍ୟାଲିପରସ୍‌ରେ ମାଢ଼ି ଦୁଇଟିର ସଂଲଗ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ସ୍କେଲ ଦଇଟିର 0 ଦାଗ ମିଳିତ ହୁଏନାହିଁ । ଏହାକୁ ଶୂନ୍ୟର ଭୁଲ ବା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ତ୍ରୁଟି କହନ୍ତି । ଯେଉଁ ସ୍ଲାଇଡ୍‌କ୍ୟାଲିପରସରେ ମାଢ଼ିଦ୍ୱୟର ସଂଲଗ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର 0 ଦାଗ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର 0 ଦାଗର ଡାହାଣକୁ ରହେ, ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ତ୍ରୁଟିକୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (Positive) ତ୍ରୁଟି କହନ୍ତି । ଏପରି ସ୍ଲାଇଡ୍‌କ୍ୟାଲିପରସ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ସଠିକ ମାପ ଜାଣିବାପାଇଁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ମାପରୁ ଏହି ତ୍ରୁଟିର ମାନ ବିୟୋଗ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ଯେଉଁ ଯନ୍ତ୍ରରେ ମାଢ଼ିଦ୍ୱୟର ସଂଲଗ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର 0 ଦାଗ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର 0 ଦାଗର ବାମକୁ ରହେ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ତ୍ରୁଟିକୁ ବିୟୁକ୍ତାତ୍ମକ (Negative) ତ୍ରୁଟି କହନ୍ତି । ଏହିଭଳି ସ୍ଲାଇଡ୍‌କ୍ୟାଲିପରସ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ସଠିକ ମାପ ଜାଣିବାପାଇଁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ମାପ ସହିତ ଏହି ତ୍ରୁଟିର ମାନକୁ ଯୋଗ କରିବାକୁ ପଡେ । ତେଣୁ କୌଣସି ସ୍ଲାଇଡ୍‌କ୍ୟାଲିପାରସ ବ୍ୟବହାର କରିବା ପୂର୍ବରୁ ଏଥିରେ ତ୍ରୁଟି ଅଛି କି ନାହିଁ ପରୀକ୍ଷା କରିବା ବାଞ୍ଛନୀୟ । ଯଦି ତ୍ରୁଟି ଥାଏ, ତେବେ ତାହା କେଉଁ ଜାତୀୟ ତ୍ରୁଟି ଓ ତ୍ରୁଟିର ମାନ କେତେ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଏକାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ।

2.5 ମାଇକ୍ରୋମିଟର ସ୍କ୍ରୁଗେଜ (Micrometer Screwgauge) :

ମାଇକ୍ରୋମିଟର ସ୍କ୍ରୁ :

ସୂକ୍ଷ୍ମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପିବାପାଇଁ ଏହା ଏକ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଉପାୟ । ଗୋଟିଏ ସ୍କ୍ରୁକୁ ଯଦି ତାହାର ନଟ୍ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣରେ ବୁଲାଯାଏ ତେବେ ସ୍କ୍ରୁଟିର ଅଗ୍ରବିନ୍ଦୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୂରତ୍ୱ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆଗକୁ ବା ପଛକୁ ଯିବ । ସ୍କ୍ରୁ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତ (Clockwise) ହେଲେ ଏହାର ଅଗ୍ରଗତି ହୁଏ ଏବଂ ବାମାବର୍ତ୍ତ (Anti clockwise) ହେଲେ ଏହାର ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗତି ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ସ୍କ୍ରୁକୁ ଥରେ ବୁଲାଇଲେ ଅର୍ଥାତ୍ 360° ବୁଲାଇଲେ ତାହାର ଅଗ୍ର ବା ପଶ୍ଚାତ୍ ଗତିପଥର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସର୍ବଦା ସମାନ ରହେ । ଏହି ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ସ୍କ୍ରୁର **ପିଚ୍** (Pitch) କହନ୍ତି; ଅର୍ଥାତ୍ ସ୍କ୍ରୁର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ସ୍କ୍ରୁର ଅଗ୍ରବିନ୍ଦୁ ନଟ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯେତେ ବାଟ ଯାଏ ତାହା ସ୍କ୍ରୁର ପିଚ୍ । ମୋଟ ଉପରେ କହିବାକୁ ଗଲେ ସ୍କ୍ରୁର ପାଖାପାଖି ଦୁଇ ପେଚ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଦୂରତ୍ୱହିଁ ପିଚ୍ । ଚିତ୍ର 6ରେ ଏହା P ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନିତ ହୋଇଅଛି । ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍କ୍ରୁର ନିଜସ୍ୱ ପିଚ୍ ଥାଏ ।

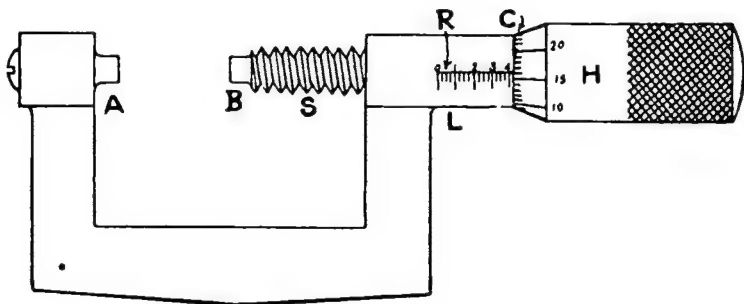


ଚିତ୍ର-6
ମାଇକ୍ରୋମିଟର ସ୍କ୍ରୁ

ମାଇକ୍ରୋମିଟର ସ୍କ୍ରୁଗେଜ :

ସ୍କ୍ରୁର ଉପରୋକ୍ତ ତତ୍ତ୍ୱ ଉପରେ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ମାଇକ୍ରୋମିଟର ସ୍କ୍ରୁଗେଜ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ତାରର ବ୍ୟାସ ବା କୌଣସି ପାତିଆର ସ୍ଥୂଳତା ଇତ୍ୟାଦି ସୂକ୍ଷ୍ମ ଦୈର୍ଘ୍ୟମାନ ସହଜରେ ମାପି

ହୁଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟି ଧାତୁ ନିର୍ମିତ ଓ U ଆକାର ବିଶିଷ୍ଟ (ଚିତ୍ର 7) । Uର ଦୁଇ ବାହୁର ମୁଣ୍ଡରେ ଦୁଇଟି ଦଣ୍ଡ ଲମ୍ବଭାବରେ ଥାଏ । ଉଭୟ ଦଣ୍ଡ ପୋଲ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଅକ୍ଷ ଏକ ସରଳ-ରେଖାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ବାମ ଦଣ୍ଡଟିର ଭିତରଦେଇ ସ୍ଥାୟୀଭାବରେ ଗୋଟିଏ ପିନ୍ ଲଗା ଯାଇଥାଏ । ଏହି ପିନ୍‌ଟିର ଡାହାଣ ପ୍ରାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ (ଚିତ୍ରରେ A) ସମତଳ ଅଟେ । ଡାହାଣ



ଚିତ୍ର-7—ସ୍କ୍ରୁଗେଜ୍

ଦଣ୍ଡର ଭିତର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ପେଚ କଟା ହୋଇଥାଏ । ଏହି ପେଚ ଭିତରଦେଇ ଗୋଟିଏ ସ୍କ୍ରୁ (ଚିତ୍ରରେ S) ଗତି କରେ । ସ୍କ୍ରୁଟିର ବାମ ପ୍ରାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ (ଚିତ୍ରରେ B) ମଧ୍ୟ ସମତଳ । ସ୍କ୍ରୁ-ଦଣ୍ଡର ଡାହାଣ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଲାଗିଥିବା ମୁଣ୍ଡ (Screw head)କୁ ଧରି ବୁଲାଇଲେ (ଚିତ୍ରରେ H) ସ୍କ୍ରୁଟି ତାହାର ନଟ୍ ଭିତରଦେଇ ଆଗକୁ ବା ପଛକୁ ଯାଏ । ଫଳରେ B ପୃଷ୍ଠ A ପୃଷ୍ଠର କ୍ରମେ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ହୁଏ ବା A ପୃଷ୍ଠଠାରୁ ଦୂରେଇଯାଏ । ଏହି ମୁଣ୍ଡଟି (ଚିତ୍ରରେ H) ଡାହାଣ ଦଣ୍ଡ (ଚିତ୍ରରେ L) ଉପରେ ଟୋପିପରି ଥାଏ । ସ୍କ୍ରୁ ଗେଜର ଡାହାଣ ଦଣ୍ଡଟିର ବହିଃପୃଷ୍ଠରେ ସ୍କ୍ରୁର ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳଭାବରେ ଏକ ସରଳ ଭୂମିରେଖା (ଚିତ୍ରରେ R) ଅଙ୍କିତ ଥାଏ । ଏହି ରେଖା ଉପରେ ଗୋଟିଏ ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲ ମଧ୍ୟ ଅଙ୍କିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାକୁ **ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ** ବା **ପିଚ୍ ସ୍କେଲ** କହନ୍ତି । ସ୍କ୍ରୁର ମୁଣ୍ଡ (H) କୁ ଧରି ବୁଲାଇଲେ ମୁଣ୍ଡର ଧାର ଏହି ସ୍କେଲ ଉପରେ ଆଗକୁ ବା ପଛକୁ ଗତି କରେ । ଏହି ଧାର ଉପରେ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲ (Circular scale) ଅଙ୍କିତ ହୋଇଥାଏ (ଚିତ୍ରରେ C) । ଏହା ସାଧାରଣତଃ 50 ବା 100 ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ।

ବ୍ୟବହାର ପଦ୍ଧତି :

ପ୍ରଥମେ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ବା ପିଚ୍ ସ୍କେଲର ଭାଗର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏଥିପାଇଁ ଡିଭାଇଡ଼ର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଦଶଭାଗର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ଏକ ମାନକ ସ୍କେଲର ଭାଗ ସହିତ ତୁଳନା କରାଯାଏ । ତତ୍‌ପରେ ସ୍କ୍ରୁ ଗେଜର ପିଚ୍ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏଥିପାଇଁ ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡ (Screw head)ଟିକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ବୁଲାଇ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଧାରକୁ ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ ଦାଗ ଉପରେ ରଖିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଯେଉଁ ଦାଗଟି ସରଳ ଭୂମି ରେଖା R ସହିତ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ରହେ ସେହି ଦାଗର ସୂଚକ ସଂଖ୍ୟାଟି ଲେଖି ରଖିବା ଦରକାର । ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡଟିକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ଘଣ୍ଟାକଣ୍ଟା ଦିଗରେ ବୁଲାଯାଏ, ଯେପରିକି ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଉକ୍ତ ଦାଗଟି ପୁଣି ସରଳ ଭୂମିରେଖା R ଉପରକୁ ଫେରିଆସେ । ଏହାକୁ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ କହନ୍ତି । ଏହିପରି ଚାରି ବା ପାଞ୍ଚଟି ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଧାର ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଉପରେ କେତେ

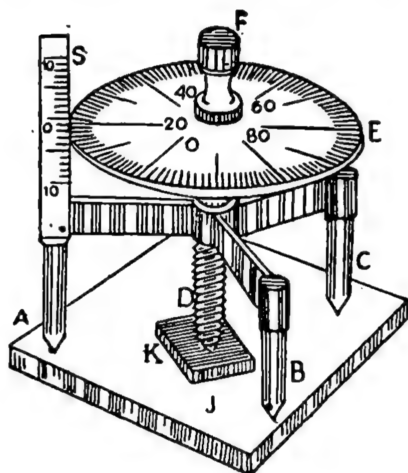
ଭାଗ ଗତି କରୁଛି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ସେଥିରୁ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଧାର କେତେ ବାଟ ଯାଉଛି ଅର୍ଥାତ୍ **ପିଚ୍** ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହୁଏ । ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ B ପୃଷ୍ଠ A ପୃଷ୍ଠ ଆଡ଼କୁ ଯେଉଁ ପରିମାଣରେ ଅଗ୍ରସର ହୁଏ (C ବା A ପୃଷ୍ଠଠାରୁ ଦୂରେଇଯାଏ) ତାହା ଏହି ପିଚ୍ ସହିତ ସମାନ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପିଚ୍‌କୁ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ସମୁଦାୟ ଭାଗର ସଂଖ୍ୟାରେ ହରିଲେ ସ୍କ୍ରୁଗେଜର **ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ** (Least count) ମିଳେ । ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ମାତ୍ର ଗୋଟିଏ ଭାଗ ବୁଲିବାଦ୍ୱାରା ସ୍କ୍ରୁ ଯେତିକି ପରିମାଣରେ ଅଗ୍ରସର ହୁଏ ବା ପଶ୍ଚାତ୍ ଗମନ କରେ ତାହାକୁ ସ୍କ୍ରୁଗେଜର **ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ** କହନ୍ତି । ପିଚ୍ ଯଦି p ହୁଏ ଏବଂ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ସମୁଦାୟ ଭାଗର ସଂଖ୍ୟା ଯଦି n ହୁଏ, ତେବେ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ $\frac{p}{n}$ ହେବ । ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ଅପେକ୍ଷା କ୍ଷୁଦ୍ରତର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପି ହୁଏ ନାହିଁ ।

ସ୍କ୍ରୁଗେଜର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ଜାଣିଲା ପରେ ଯେଉଁ ତାରର ବ୍ୟାସ ବା ଯେଉଁ ପାତିଆର ସ୍ଥୂଳତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଦରକାର ତାହାକୁ A ଓ B ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ରଖି ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡଟିକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ବୁଲାଇବାକୁ ହୁଏ, ଯେପରିକି ବସ୍ତୁଟି A ଓ B ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରୁ ଖସି ନପଡ଼େ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଯେଉଁ ଦାଗ ସରଳ ଭୂମି ରେଖା R ସହିତ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ରହେ ତାହାର ସୂଚକ ସଂଖ୍ୟାଟି ଲେଖି ରଖିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହାକୁ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର **ଆଦ୍ୟ ମିଳନାଙ୍କ** (Initial Coincidence) କହନ୍ତି । ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡଟିକୁ ସାମାନ୍ୟ ବାମାବର୍ତ୍ତକରି ବସ୍ତୁଟିକୁ A ଓ B ପୃଷ୍ଠ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରୁ ବାହାରକରି ଦିଆଯାଏ । ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡଟିକୁ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତକରି ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲଟିକୁ ପୁନର୍ବାର ପୂର୍ବ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରାଇ ଅଣାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ A ଓ B ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ବସ୍ତୁଟିର ବ୍ୟାସ ବା ସ୍ଥୂଳତା ସହିତ ସମାନ । ଏହି ଦୂରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟପାଇଁ B ପୃଷ୍ଠ A ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ମିଳିତ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡଟିକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ବୁଲାଇବାକୁ ପଡେ । ଏଥିପାଇଁ ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡର ଯେତୋଟି ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ତାହା ଲେଖି ରଖିବା ଦରକାର । ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ବ୍ୟତୀତ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲଟିକୁ କେତୋଟି ଭାଗ ମଧ୍ୟ ବୁଲିବାକୁ ପଡ଼ିପାରେ । ତାହାକୁ ମଧ୍ୟ ସଠିକଭାବରେ ଗଣି ଲେଖି ରଖିବା ଦରକାର । A ଓ B ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟର ମିଳନ ଅବସ୍ଥାରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଯେଉଁ ଦାଗ ସରଳ ଭୂମିରେଖା R ସହିତ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ରହେ ସେହି ଦାଗର ସୂଚକ ସଂଖ୍ୟାକୁ **ଶେଷ ମିଳନାଙ୍କ** (Final Coincidence) କହନ୍ତି । ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଆଦ୍ୟ ମିଳନାଙ୍କ ଓ ଶେଷ ମିଳନାଙ୍କରୁ ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ପରେ ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡ ବୁଲିଥିବା ଅଧିକା ଭାଗର ସଂଖ୍ୟା ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ସଂଖ୍ୟାକୁ ପିଚ୍ ସହିତ ଓ ଅଧିକା ଭାଗର ସଂଖ୍ୟାକୁ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ସହିତ ଗୁଣନକରି ଗୁଣଫଳ ଦୁଇଟିକୁ ମିଶାଇଲେ ବସ୍ତୁଟିର ବ୍ୟାସ ବା ସ୍ଥୂଳତା ଜଣାପଡ଼େ । ଏହିପରି ଭାବରେ ଅନ୍ତତଃ ପାଞ୍ଚଥର ବସ୍ତୁଟିର ବ୍ୟାସ ବା ସ୍ଥୂଳତା ନିର୍ଣ୍ଣୟକରି ତାହାର ହାରାହାରି ପରିମାଣ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ ।

2.6 ସ୍ଫେରୋମିଟର (Spherometer) :

ସ୍କ୍ରୁ ତତ୍ତ୍ୱ ଉପରେ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ସ୍କ୍ରୁ-ଗେଜ ପରି ସ୍ଫେରୋମିଟର ମଧ୍ୟ ଏକ ଯନ୍ତ୍ର । କୌଣସି ଅବତଳ ବା ଉତ୍ତଳ ପୃଷ୍ଠର (Concave or Convex Surface) ବକ୍ରତା-ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ, କୌଣସି ସୂକ୍ଷ୍ମ ପାତିଆର ସ୍ଥୂଳତା, ଉତ୍ତାପ-ବୃଦ୍ଧିଜନିତ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ଇତ୍ୟାଦି କ୍ଷୁଦ୍ର ଦୈର୍ଘ୍ୟମାନ ସ୍ଫେରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ଫ୍ରେମ (ଚିତ୍ର ୪) ଧାତୁ ନିର୍ମିତ । ଫ୍ରେମଟିର ତିନୋଟି ପାଦ ଅଛି । ଏଗୁଡ଼ିକର ଅଗଭାଗ ସୂକ୍ଷ୍ମ । ପାଦ ତିନୋଟି (ଚିତ୍ରରେ A B ଓ C) ଗୋଟିଏ ଭୂସମାନ୍ତର ପ୍ଲେଟ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ । ପାଦ ତିନୋଟି ଏପରି ଭାବରେ ଅବସ୍ଥିତ ଯେ ଏମାନଙ୍କର ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ସମବାହୁ ତ୍ରିଭୁଜ ମିଳିଥାଏ । ଫ୍ରେମର କେନ୍ଦ୍ରରେ ପେଚ କଟା ହୋଇଥାଏ । ଏହି ପେଚ ମଧ୍ୟଦେଇ D ସ୍କ୍ରୁଟି ଉପରକୁ ବା ତଳକୁ ଗତିକରିପାରେ । ସ୍କ୍ରୁଟିର ଅଗ୍ରଭାଗ ମଧ୍ୟ ସୂକ୍ଷ୍ମ ଏବଂ ଏହାର ଅକ୍ଷ A, B ଏବଂ C ପାଦ ତିନୋଟିରୁ ସମଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ । ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡ F ଟିକୁ ଧରି ବୁଲାଇଲେ ସ୍କ୍ରୁଟି ଉପର ବା ତଳ ଆଡ଼କୁ ଗତି କରିଥାଏ । ସ୍କ୍ରୁ ଠିକ୍ ମୁଣ୍ଡ ତଳେ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତୀୟ ଧାତବ ପାତ ଅଛି । ଏହି ଧାତବ ପାତର ଧାରରେ ଏକ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲ (E) ଅଙ୍କିତ ହୋଇଥାଏ । ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ ପାଦ (ଚିତ୍ରରେ A) ଉପରେ ଗୋଟିଏ ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲ (S) ଲମ୍ବଭାବରେ ଥାଏ । ସ୍କ୍ରୁ ବୁଲିବା ସମୟରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଧାର ସରଳ ସ୍କେଲ ସହିତ ଘଷିହୋଇ ଉପରକୁ ବା ତଳକୁ ଯାଏ । ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲର ଧାର ଓ ସ୍କ୍ରୁର ଅକ୍ଷ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମାନ୍ତରାଳ ।



ଚିତ୍ର—୪ ସ୍ପେରୋମିଟର

ସ୍କ୍ରୁ ଗେଜ ପରି ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ସ୍କ୍ରୁର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ସ୍କ୍ରୁର ଅଗ୍ରବିନ୍ଦୁ ଉପର ବା ତଳକୁ ଯେତେ ବାଟ ଯାଏ ତାହାକୁ ସ୍କ୍ରୁର **ପିଚ୍** (**Pitch**) କହନ୍ତି । ପିଚ୍‌କୁ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ସମୁଦାୟ ଭାଗର ସଂଖ୍ୟାରେ ହରିଲେ ସ୍ପେରୋମିଟରର **ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ** (**Least Count**) ମିଳେ ।

ବ୍ୟବହାର ପଦ୍ଧତି :

ପ୍ରଥମେ ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲର ଭାଗର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ତତ୍‌ପରେ ସ୍ପେରୋମିଟରର ପିଚ୍ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏଥିପାଇଁ ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡ F କୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ବୁଲାଇ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଧାରକୁ ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲର ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ ଦାଗ ଉପରେ ରଖିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଯେଉଁ ଦାଗଟି ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲର ଉକ୍ତ ଦାଗ ସହିତ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ରହେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ସେହି ଦାଗଟିର ସୂଚକ ସଂଖ୍ୟା ଲେଖି ରଖିବା ଦରକାର । ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡ F ଟିକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତକରି ପୁଣି ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ସେହି ଦାଗକୁ ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲର ଧାର ନିକଟକୁ ଆଣିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏହାକୁ ସ୍ପେରୋମିଟରର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ କହନ୍ତି । ଏହିପରି ୱରୋଟି ବା ପାଞ୍ଚୋଟି ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଧାର ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲ ଉପରେ କେତେଭାଗ ଗତି କରୁଛି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ସେଥିରୁ ସ୍ପେରୋମିଟରର ପିଚ୍ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ । ପିଚ୍‌କୁ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ସମୁଦାୟ ଭାଗର ସଂଖ୍ୟାରେ ହରିଲେ **ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ** (**Least Count**) ମିଳେ ।

ମନେକର ସ୍ପେରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ପାତିଆର ସ୍ଥୂଳତା ମାପିବାକୁ ହେବ । ଟେବୁଲ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ଭୂସମାନ୍ତର କାଚ ପ୍ଲେଟ (ଚିତ୍ରରେ J) ରଖି ତା' ଉପରେ ସ୍ପେରୋମିଟରଟି ରଖିବାକୁ ହୁଏ ଯେପରିକି ଯନ୍ତ୍ରଟିର ପାଦ ତିନୋଟିର ଅଗ୍ରବିନ୍ଦୁ କାଚପ୍ଲେଟ ଉପରେ ରହେ (ଚିତ୍ର ୪) । ଆବଶ୍ୟକ ହେଲେ ସ୍କ୍ରୁ ମୁଣ୍ଡ Fକୁ ବାମାବର୍ତ୍ତକରି ସ୍କ୍ରୁର ପାଦବିନ୍ଦୁକୁ ଉପରକୁ ଉଠାଇବାକୁ ପଡ଼େ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍କ୍ରୁର ପାଦବିନ୍ଦୁ ଓ ସମତଳ କାଚ ପ୍ଲେଟ ମଧ୍ୟରେ ପରୀକ୍ଷା-ପାତିଆ (K)ଟି ରଖାଯାଏ । ଯେପରିକି ସ୍ପେରୋମିଟରର ତିନୋଟି ପାଦବିନ୍ଦୁ ପାତିଆର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ସମତଳ କାଚ ପ୍ଲେଟ ଉପରେ ରହେ । ତେଣୁ ପାତିଆଟି ଛୋଟ ହେବା ଦରକାର । ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍କ୍ରୁମୁଣ୍ଡ Fକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତକରି ସ୍କ୍ରୁର ପାଦବିନ୍ଦୁକୁ ତଳକୁ ଆଣିବାକୁ ପଡ଼େ । ଯେପରିକି ସ୍କ୍ରୁର ପାଦବିନ୍ଦୁ ପାତିଆଟିକୁ ଠିକ୍ ସ୍ପର୍ଶ କରେ । ସ୍କ୍ରୁର ପାଦବିନ୍ଦୁ (ଚିତ୍ରରେ D) ଅଧିକ ଆଗେଇ ରହିଲେ ତାହା ସହଜରେ ଜଣାପଡ଼େ । ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ସ୍ପେରୋମିଟରକୁ ସାମାନ୍ୟ ହଲାଇଲେ ତାହା ସ୍କ୍ରୁର ପାଦବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ଭର ଦେଇ ବୁଲିବ । D ପ୍ରାନ୍ତଟି ପାତିଆକୁ କେବଳ ସ୍ପର୍ଶ କରିବା ଦରକାର । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଯେଉଁ ଦାଗ ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲଧାର ସହିତ ମିଶି ରହେ ତାହାର ସୂଚକ ସଂଖ୍ୟାଟି ଲେଖି ରଖିବା ଦରକାର । ଏହାକୁ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଆଦ୍ୟ ମିଳନାଙ୍କ (Initial Coincidence) କହନ୍ତି । ବର୍ତ୍ତମାନ ପାତିଆଟିକୁ ସ୍କ୍ରୁ ତଳୁ ଧୀରେ ଖସାଇ ଦିଆଯାଏ । ତତ୍‌ପରେ ସ୍କ୍ରୁର ପାଦବିନ୍ଦୁଟି ସମତଳ କାଚ ପ୍ଲେଟଟି ସ୍ପର୍ଶ କଲା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସ୍କ୍ରୁର ମୁଣ୍ଡ F ଟିକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତ କରିବାକୁ ହୁଏ । ଏଥିପାଇଁ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଯେତୋଟି ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ, ତାହା ଲେଖି ରଖିବା ଦରକାର । ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଉତ୍ତାରୁ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲକୁ କେତୋଟି ଭାଗ ମଧ୍ୟ ବୁଲିବାକୁ ପଡ଼ିପାରେ । ତାହାକୁ ମଧ୍ୟ ସଠିକଭାବରେ ଗଣି ଲେଖି ରଖିବା ଦରକାର । ପାତିଆଟି ଅତି ସୂକ୍ଷ୍ମ ହୋଇଥିଲେ ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଆଦୌ ନହୋଇପାରେ । D ପ୍ରାନ୍ତ ସମତଳ କାଚ ପ୍ଲେଟଟିକୁ ଠିକ୍ ସ୍ପର୍ଶ କଲା ସମୟରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଯେଉଁ ଦାଗ ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲ ଧାର ସହିତ ମିଶିରହେ ସେହି ଦାଗର ସୂଚକ ସଂଖ୍ୟାକୁ ଅନ୍ତିମ ବା ଶେଷ ମିଳନାଙ୍କ (Final Coincidence) କହନ୍ତି । ଆଦ୍ୟ ବା ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ମିଳନାଙ୍କ ଓ ଅନ୍ତିମ ମିଳନାଙ୍କରୁ ମଧ୍ୟ ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ପରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଏହି ଅଧିକା ଭାଗର ସଂଖ୍ୟା ଜଣାପଡ଼େ । ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ସଂଖ୍ୟାକୁ ପିଚ୍ ସହିତ ଓ ଅଧିକା ଭାଗର ସଂଖ୍ୟାକୁ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ସହିତ ଗୁଣନକରି ଦୁଇଟି ଗୁଣଫଳକୁ ଯୋଗକଲେ ବସ୍ତୁଟିର ସ୍ଥୂଳତା ଜଣାପଡ଼େ । ଏହିପରି ଅନ୍ତତଃ ପାଞ୍ଚଥର ସ୍ଥୂଳତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ତାହାର ହାରାହାରି ପରିମାଣ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ ।

ଉତ୍ତଳ ବା ଅବତଳ ପୃଷ୍ଠର ବକ୍ରତାର ମାପ ପ୍ରଣାଳୀ :

ନିମ୍ନଲିଖିତ ପଦ୍ଧତିରେ କୌଣସି ଉତ୍ତଳ ବା ଅବତଳ ପୃଷ୍ଠର ବକ୍ରତାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସ୍ପେରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ସ୍ପେରୋମିଟରର ପିଚ୍ ଓ ଲଘିଷ୍ଠମାପ ସ୍ଥିର କଲାପରେ ସ୍କ୍ରୁର ମୁଣ୍ଡ F କୁ ବାମାବର୍ତ୍ତକରି ସ୍କ୍ରୁର ପ୍ରାନ୍ତବିନ୍ଦୁ D କୁ ଉପରକୁ ଉଠାଇବାକୁ ହୁଏ । ତତ୍‌ପରେ ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ଉତ୍ତଳ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଏପରି ଭାବରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଯେ, ସ୍ପେରୋମିଟରର ତିନୋଟି ପାଦବିନ୍ଦୁ ଉତ୍ତଳ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ରହେ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ସ୍କ୍ରୁର ମୁଣ୍ଡ F କୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତକରି ସ୍କ୍ରୁର ପ୍ରାନ୍ତବିନ୍ଦୁ D କୁ ଉତ୍ତଳ ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସ୍ପର୍ଶ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଯେଉଁ ଦାଗ ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲର ଧାର ସହିତ ମିଶେ ତାହାର ସୂଚକ ସଂଖ୍ୟାଟି ଲେଖି ରଖିବା ଦରକାର । ଏହା ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ମିଳନାଙ୍କ । ତତ୍‌ପରେ ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ଗୋଟିଏ ସମତଳ କାଚ ଉପରେ ରଖି ସ୍କ୍ରୁଟିକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ବୁଲାଇବାକୁ ପଡ଼େ, ଯେପରିକି ସ୍କ୍ରୁର ପାଦବିନ୍ଦୁ D ପ୍ଲେଟ୍‌ଟିକୁ ଠିକ୍ ସ୍ପର୍ଶ କରେ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଯେଉଁ ଦାଗ ମିଲିମିଟର ସ୍କେଲ ଧାର ସହିତ ମିଶି

ରହେ ତାହାର ସୂଚକ ସଂଖ୍ୟା ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଶେଷ ମିଳନାଙ୍କ । ଶେଷ ଓ ଆଦ୍ୟ ମିଳନାଙ୍କରୁ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲ କେତେ ଭାଗ ବୁଲିଛି ଜଣାପଡ଼େ । ତାହାକୁ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପରେ ଗୁଣିଲେ ଉଚ୍ଚତା 'h' ମିଳେ । କିନ୍ତୁ ପୃଷ୍ଠଟି ଅବତଳ ହୋଇଥିଲେ ପ୍ରଥମେ ସମତଳ କାଚ ଉପରେ ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ରଖି ଆଦ୍ୟ ମିଳନାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଏବଂ ତତ୍‌ପରେ ଅବତଳ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ରଖି ଶେଷ ମିଳନାଙ୍କ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍ଫେରୋମିଟରର ତିନୋଟି ପାଦବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ହାରାହାରି ଦୂରତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଦରକାର । ସେଥିପାଇଁ ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ଖଣ୍ଡେ କାଗଜ ଉପରେ ରଖି ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ସାମାନ୍ୟ ଚାପିଦେଲେ କାଗଜରେ ତିନୋଟି ପାଦଚିହ୍ନ ପଡ଼ିବ । ପାଦଚିହ୍ନ ଗୁଡ଼ିକୁ ଯୋଗକଲେ ଗୋଟିଏ ସମବାହୁ ତ୍ରିଭୁଜ ମିଳିଥାଏ । ଏହି ତ୍ରିଭୁଜର ବାହୁ ତିନୋଟି ମାପି ତାହାର ହାରାହାରି ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ମନେକର ପାଦ ତିନୋଟି ମଧ୍ୟରେ ଏହି ହାରାହାରି ଦୂରତ୍ୱ=d

$R = \frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2}$ ଏହି ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ଉତ୍ତଳ ବା ଅବତଳ ପୃଷ୍ଠର ବକ୍ରତାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 'R'ର ମାନ ସ୍ଥିର କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ସମୀକରଣରେ 'd'ର ବର୍ଗ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବାରୁ 'd'ର ମାନ ସଠିକଭାବରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଦରକାର । ସେଥିରେ ସାମାନ୍ୟ ଭୁଲ ରହିଲେ 'R' ର ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ମାନରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଭୁଲ ରହିଯାଏ ।

2.7 ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ସମୟର ମାପ (Measurement of mass and Time) :

କୌଣସି ବସ୍ତୁରେ ପଦାର୍ଥର ପରିମାଣ (Quantity of matter) କୁ ସେହି ବସ୍ତୁର **ବସ୍ତୁତ୍ୱ** କହନ୍ତି । ସାଧାରଣ ତରାଜୁ (Common balance) ବା କମାନି ନିକିତି (Spring balance) ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହା ମାପି ହୁଏ । ତରାଜୁର ମୂଳତତ୍ତ୍ୱ ଓ ବ୍ୟବହାର ପଦ୍ଧତି ବିଷୟରେ ପରେ ବିଶଦ୍‌ଭାବରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି ।

ସମୟ ଜାଣିବା ପାଇଁ ପୂର୍ବକାଳରେ ଲୋକମାନେ ସୂର୍ଯ୍ୟଘଡ଼ି, ଜଳଘଡ଼ି, ବାଲିଘଡ଼ି ପ୍ରଭୃତି ବ୍ୟବହାର କରୁଥିଲେ, କିନ୍ତୁ ତାହାଦ୍ୱାରା ପ୍ରକୃତ ସମୟ ଜାଣିବାରେ ନାନା ଅସୁବିଧା ହେଉଥିଲା । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗ୍ୟାଲିଲିଓଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଦୋଳକ (Pendulum) ଆବିଷ୍କୃତ ହେଲାପରେ ଏହି ଅସୁବିଧା ଦୂର ହୋଇଅଛି । ଦୋଳକର ମୂଳତତ୍ତ୍ୱ ଉପରେ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ଘଣ୍ଟା ସାହାଯ୍ୟରେ ଆଜିକାଲି ସହଜରେ ସମୟ ଜାଣି ହେଉଛି । ଦୋଳକର ମୂଳତତ୍ତ୍ୱ ବିଷୟରେ ପରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି ।

ସାରାଂଶ

ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ଯେଉଁ କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସଠିକ ଭାବରେ ମପାଯାଇପାରେ ତାହାକୁ ସେହି ସ୍କେଲର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ (Least count) କହନ୍ତି ।

ଭର୍ନିୟର ଏକ ସାହାଯ୍ୟକାରୀ କ୍ଷୁଦ୍ର ସ୍କେଲ । ଏହାର ଗୋଟିଏ ଧାର ସାଧାରଣ ସ୍କେଲର ଗୋଟିଏ ଧାର ଉପରେ ପ୍ରୟୋଜନ ଅନୁସାରେ ଡାହାଣ ଓ ବାମକୁ ଗତିକରିପାରେ ।

ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଭାଗର ମାନ ଓ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର ଭାଗର ମାନ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟକୁ ଭର୍ନିୟର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ କୁହାଯାଏ । ସ୍ଲାଇଡ୍‌କ୍ୟାଲିପରସ୍ ଭର୍ନିୟର ମୂଳତତ୍ତ୍ୱ ଉପରେ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ଏକ ମାପଯନ୍ତ୍ର ।

ସ୍କ୍ରୁର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ସ୍କ୍ରୁର ଅଗ୍ରବିନ୍ଦୁ ଯେତେ ବାଟ ଯାଏ, ତାହାକୁ ସ୍କ୍ରୁର ପିଚ୍ କହନ୍ତି ।

ସ୍କ୍ରୁଗେଜ ଓ ସ୍ଫେରୋମିଟରର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ଅପେକ୍ଷା କ୍ଷୁଦ୍ରତର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ଦୁଇଟି ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପି ହୁଏନାହିଁ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ଭର୍ନିୟର କ'ଣ ? ଏହାର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ ।

2. ଭର୍ନିୟରର ମୂଳତତ୍ତ୍ୱ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

3. ଚିତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଲାଇଡକ୍ୟାଲିପରସ ବର୍ଣ୍ଣନା କର । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ସିଲିଣ୍ଡର (cylinder)ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରିବ ?

4. ସ୍ଲାଇଡ୍‌କ୍ୟାଲିପରସର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ତ୍ରୁଟି କହିଲେ କ'ଣ ବୁଝ ? ଏପରି ତ୍ରୁଟି ବିଶିଷ୍ଟ ସ୍ଲାଇଡକ୍ୟାଲିପରସ ସାହାଯ୍ୟରେ କିପରି ସଠିକ ମାପ ନେବାକୁ ହୁଏ ?

5. ଚିତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ସ୍କ୍ରୁଗେଜ ବର୍ଣ୍ଣନା କର । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ତାରର ବ୍ୟାସ କିପରି ମାପି ହେବ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

6. ସ୍କ୍ରୁଗେଜର ପିଚ୍ (Pitch) କାହାକୁ କହନ୍ତି ? ଏଥିରୁ ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ହେବ ?

7. ଚିତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଫେରୋମିଟର ବର୍ଣ୍ଣନା କର । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ପାତିଆର ସ୍ଥୂଳତା କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରିବ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

8. ସ୍ଫେରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଏକ ଅବତଳ ପୃଷ୍ଠର ବକ୍ରତା–ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରିବ ?

9. ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦତ୍ତ ବିଷୟରୁ ସ୍କ୍ରୁଗେଜର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲ 100 ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ । ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲର 5 ଭାଗର ମାନ=5 ମି:ମି: । ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ତାହାର ଧାର ପ୍ରଧାନ ସ୍କେଲ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ଭାଗ ମାତ୍ର ଅଗ୍ରସର ହୁଏ । (ଉ: 0·001 ସେ:ମି:)

ତୃତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ

ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିତି ଓ ଗତି

(Rest and Motion of bodies)

3·1 ସ୍ଥିତି ଓ ଗତି (Rest and Motion) :

ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣର କୌଣସି ପଦାର୍ଥକୁ ଆମ୍ଭେମାନେ ବସ୍ତୁ କହିଥାଉଁ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁର ନିଜସ୍ୱ ଆୟତନ ଅଛି । ବସ୍ତୁର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶ ଗୁଡ଼ିକର ପାରସ୍ପରିକ ଅବସ୍ଥାନ ସ୍ଥିର ଥିଲେ ବସ୍ତୁଟିକୁ **ଦୃଢ଼** (Rigid) ବସ୍ତୁ କହନ୍ତି । ଯେକୌଣସି ଦୃଢ଼ ବସ୍ତୁର ନିଜସ୍ୱ ଆୟତନ ଓ ଆକାର ଥାଏ ।

ଯେଉଁ ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥିତି ଏକ ଜ୍ୟାମିତିକ ବିନ୍ଦୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ସୂଚିତ ହୁଏ ତାହାକୁ **କଣିକା** (Particle) କୁହାଯାଏ । କଣିକା ଏକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ–ବିନ୍ଦୁ (Point mass) ଯାହାର ଅବସ୍ଥିତି ଅଛି ମାତ୍ର ଆୟତନ ନାହିଁ । ସମୟର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଯେଉଁ ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥିତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ସେହି ବସ୍ତୁକୁ ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁ କୁହାଯାଏ ଏବଂ ବସ୍ତୁର ଏହି ଅବସ୍ଥାକୁ **ସ୍ଥିତାବସ୍ଥା ବା ସ୍ଥିତି** (Rest) କହନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସମୟର ଗତି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଯେଉଁ ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥିତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ତାହାକୁ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ କୁହାଯାଏ ଏବଂ ବସ୍ତୁର ଏହି ଅବସ୍ଥାକୁ **ଗତି** (Motion) କହନ୍ତି ।

ପରମ ସ୍ଥିରତା (Absolute rest) ଅସମ୍ଭବ :

ବିଶ୍ୱର କୌଣସି ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ନୁହେଁ । ବସ୍ତୁଟି ସ୍ଥିର ବା ଗତିଶୀଳ ଜାଣିବା ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ସମୟରେ ତାହାର ଅବସ୍ଥିତିକୁ ପରମ ସ୍ଥିତିଶୀଳ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ସହିତ ତୁଳନା କରିବା ଦରକାର; କିନ୍ତୁ ବିଶ୍ୱରେ ଏପରି ପରମସ୍ଥିତିଶୀଳ ବସ୍ତୁର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ନାହିଁ । ପାରିପାର୍ଶ୍ୱିକ ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ ଯଦି କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି ନଥାଏ ତେବେ ସେହି ବସ୍ତୁକୁ ଆମେ ସାଧାରଣତଃ ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁ ବୋଲି କହିଥାଉଁ । ପାର୍ଥିବ ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିରତା **ଆପେକ୍ଷିକ** (Relative) ମାତ୍ର । ପୃଥିବୀ ସୂର୍ଯ୍ୟର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଅବିରାମ ଗତିରେ ବୁଲୁଅଛି । ଏପରି ପରିସ୍ଥିତିରେ କୌଣସି ପାର୍ଥିବ ବସ୍ତୁକୁ ସ୍ଥିର ବୋଲି କହି ପାରିବା କି ? ତେଣୁ **ପରମ ସ୍ଥିରତା** (Absolute rest) ଅସମ୍ଭବ । ପଥରଟି ଭୂମି ଉପରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛି, ଅର୍ଥାତ୍ ଅବସ୍ଥାନ ସ୍ଥଳରୁ ପଥରଟିର ବିଚ୍ୟୁତି ଘଟୁନାହିଁ; କିନ୍ତୁ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ଏହା ମଧ୍ୟ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗ୍‌ରେ ବୁଲୁଅଛି । ଭୂମି ତୁଳନାରେ ଅବଶ୍ୟ ଏହାର କୌଣସ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି ନାହିଁ । ପଥର ଓ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠ ପରସ୍ପର ସ୍ଥିର ବା ଆପେକ୍ଷିକଭାବେ ସ୍ଥିର ।

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ ନିଶ୍ଚଳ ବା ସ୍ଥିର ବୋଲି ପ୍ରତୀୟମାନ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ସେହି ବସ୍ତୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ ଗତିଶୀଳ ହୋଇପାରିଥାଏ । ଉଦାହରଣସ୍ୱରୂପ, ଗୋଟିଏ ଚଳନ୍ତା ବସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଯାତ୍ରୀମାନଙ୍କ କଥା ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ, ବସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଯେ କୌଣସି ଯାତ୍ରୀ ଅନ୍ୟ ଯାତ୍ରୀମାନଙ୍କ ତୁଳନାରେ ସ୍ଥିର କିନ୍ତୁ ରାସ୍ତା କଡ଼ରେ ଥିବା ଗଛ ଓ ଘରଗୁଡ଼ିକ ତୁଳନାରେ ସେ ସ୍ଥିର ନୁହେଁ । ତେଣୁ ସ୍ଥିରତା ମାତ୍ରେ ଆପେକ୍ଷିକ । ବିଶ୍ୱରେ ପରମ ସ୍ଥିରତାର କୌଣସି ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ ନାହିଁ ।

ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ଗତି ଆପେକ୍ଷିକ :

ସମୟ ସହିତ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥିତି ବଦଳେ । ତେଣୁ କୌଣସି ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁର ପରମ ଗତି (Absolute motion) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଏହାକୁ ଏକ ପରମ ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁ ସହିତ ତୁଳନା କରିବା ଏକାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ତୁଳନା ପାଇଁ ବିଶ୍ୱରେ ଏପରି ବସ୍ତୁର ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ ନାହିଁ । ବିଶ୍ୱରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ଗତିଶୀଳ ହୋଇଥିବାରୁ ଗୋଟିଏ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁର ଗତିକୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ ସହିତ ତୁଳନା କରାଯାଏ । ତେଣୁ ଆମ୍ଭେମାନେ ଯେଉଁ ସମସ୍ତ ଗତି ସହିତ ପରିଚିତ ସେଗୁଡ଼ିକ **ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି** (Relative motion) । ସାଧାରଣତଃ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଗତି ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ସମୟରେ ଆମେ ଅନ୍ୟ ଏକ ବସ୍ତୁକୁ ଆପାତତଃ ସ୍ଥିର ବୋଲି ଧରି ନେଉ ଏବଂ ତାହାର ତୁଳନାରେ ଆଲୋଚ୍ୟ ବସ୍ତୁଟିର ଗତି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରୁ ଯଦିଚ ତାହା ପ୍ରକୃତରେ ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଗତି ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ସମୟରେ ଆମେ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠକୁ ସ୍ଥିର ବୋଲି ଧରୁ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତରେ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠ କ'ଣ ସ୍ଥିର ? ତେଣୁ **ଗତି ମାତ୍ରେ ଆପେକ୍ଷିକ** ।

3.2 ଗତି ସଂକ୍ରାନ୍ତ କେତୋଟି ଶବ୍ଦର ଅର୍ଥ :

ବେଗ (Speed)–ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁର ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାରକୁ **ବେଗ** କହନ୍ତି । ଅର୍ଥାତ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁଟି ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ କୌଣସି ସରଳ ବା ବକ୍ର ପଥରେ ଯେଉଁ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅତିକ୍ରମ କରେ ତାହାକୁ ବସ୍ତୁର ବେଗ କୁହାଯାଏ । ଏଥିରେ ଦିଗର କୌଣସି ସୂଚନା ନାହିଁ । କେବଳ ବେଗର ମାନ (Magnitude) ଜାଣିବା ଦରକାର । ବେଗର ମାନ କହିଲେ ବସ୍ତୁଟି ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ କେତେଦୂର ଯାଏ ଜଣାପଡ଼େ ; କିନ୍ତୁ ତଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁଟି କେଉଁ ଦିଗରେ ଯାଏ କୁହାଯାଏ ନାହିଁ । ମୋଟ ଉପରେ କହିବାକୁ ଗଲେ ବେଗର କେବଳ ମାନ ଅଛି, କିନ୍ତୁ ଦିଗର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ନାହିଁ । ଏହା ଏକ ସ୍କାଲର ରାଶି । ସମାନ ସମାନ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ସମାନ ସମାନ ପଥ ଅତିକ୍ରମ କଲେ ବସ୍ତୁଟିର ବେଗକୁ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ବା ସମବେଗ (Uniform speed) କୁହାଯାଏ । ଅନ୍ୟଥା ବେଗକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ (Variable) କହନ୍ତି । ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କାଳରେ ବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ଆମ୍ଭେମାନେ ସେହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ହାରାହାରି ବେଗ (Average Speed) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଥାଉଁ । ଯଦି କୌଣସି ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ s ବାଟ ଯାଏ ତେବେ ତାହାର ବେଗ $\frac{s}{t}$ ଅଟେ ।

$$\text{ବସ୍ତୁର ବେଗ} = \frac{\text{ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ}}{\text{ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟ}}$$

ତେଣୁ ବେଗର ଏକକ ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ଏକ ସେ:ମି/ସେକେଣ୍ଡ ଏବଂ ବ୍ରିଟିଶ ପଦ୍ଧତିରେ ଏକଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ।

ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ସମୟ ଏକକ ଦ୍ୱୟରୁ ଗଠିତ ଏହା ଏକ ଲବ୍ଧ ଏକକ । ମଟର ଗାଡ଼ି, ଟ୍ରେନ, ଉଡ଼ାଜାହାଜ ପ୍ରଭୃତି ଦ୍ରୁତଗାମୀ ବସ୍ତୁର ବେଗ ମାପିବାପାଇଁ ଅବଶ୍ୟ କେତେକ ବଡ଼ ଏକକ ବା ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ (Practical Unit) ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ, ଯଥା–ଏକ କି:ମି: ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି (ଏକ କି:ମି:/ଘଣ୍ଟା) ବା ଏକ ମାଇଲ ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି (ଏକ ମାଇଲ/ଘଣ୍ଟା) ।

ବସ୍ତୁର ବେଗ ଯେକୌଣସି ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ତାହାକୁ ଅନ୍ୟ ଯେକୌଣସି ଛୋଟ ଏକକରେ ରୂପାନ୍ତରିତ କରାଯାଇପାରେ : ବେଗ ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି 30 ମାଇଲ ହେଲେ ତାହା $\frac{୩୦ \times ୧୭୬୦ \times ୩}{୬୦ \times ୬୦}$ = 44 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ହେବ ।

ବିସ୍ଥାପନ (Displacement) :

ଯଦି କୌଣସି ସମୟରେ ବସ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥାନକୁ ଯାଏ ତେବେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ତାହାର ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନର ପରିମାଣକୁ **ବିସ୍ଥାପନ** କହନ୍ତି । ମନେକର ବସ୍ତୁଟି A ବିନ୍ଦୁରେ ଥିଲା (ଚିତ୍ର 9), କିଛି ସମୟ ପରେ ଏହା B ବିନ୍ଦୁରେ ଉପସ୍ଥିତ ହେଲା । A ଓ B କୁ ସରଳରେଖା ଦ୍ୱାରା ଯୋଗକଲେ ସେହି ସରଳରେଖାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନ ସୂଚିତ କରେ । ସରଳରେଖାର ଆଦି ବିନ୍ଦୁ Aରୁ ଶେଷ ବିନ୍ଦୁ B ଆଡକୁ ଯେଉଁ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ ତାହା ବସ୍ତୁଟିର ବିସ୍ଥାପନର ଦିଗ । ଚିତ୍ରରେ ଏହା ତୀର ଚିହ୍ନ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୋଇଛି । ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାର କଥା—ବସ୍ତୁଟି A ବିନ୍ଦୁରୁ B ବିନ୍ଦୁକୁ ସରଳ ବା ବକ୍ର ଯେକୌଣସି ପଥରେ ଗଲେ ମଧ୍ୟ A ଓ B ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ନ୍ୟୁନତମ ଦୂରତାହିଁ ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନ ଅଟେ । ବସ୍ତୁଟି Aରୁ B ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ଚିହ୍ନିତ ପଥରେ ଯାଇଥାଇପାରେ, କିନ୍ତୁ ତଥାପି AB ସରଳରେଖାର ଦୈର୍ଘ୍ୟହିଁ ବସ୍ତୁଟିର ବିସ୍ଥାପନ-ମାନ । ବିସ୍ଥାପନ ଏକ ପ୍ରାକୃତିକ ରାଶି ଯାହାର ମାନ ଅଛି ଓ ଦିଗର ମଧ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଅଛି । ଏହା ଏକ ଭେକ୍‌ଟର ରାଶି । ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କାଳରେ ବସ୍ତୁର ପ୍ରଥମ ଅବସ୍ଥାନ ଓ ଶେଷ ଅବସ୍ଥାନକୁ ସରଳରେଖା ଦ୍ୱାରା ଯୋଗକଲେ ସେହି ସରଳରେଖାର ଦୈର୍ଘ୍ୟହିଁ ବିସ୍ଥାପନର ମାନ ଏବଂ ସରଳରେଖାଟି ଆଦିବିନ୍ଦୁରୁ ଶେଷବିନ୍ଦୁ ଆଡ଼କୁ ଯେଉଁ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକରେ ତାହା ବସ୍ତୁଟିର ବିସ୍ଥାପନ ଦିଗ ।



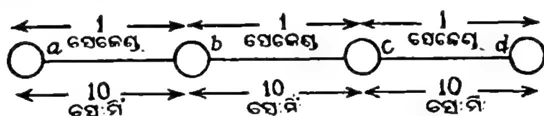
(ଚିତ୍ର 9)

ପରିବେଗ (Velocity) :

ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାରକୁ **ପରିବେଗ** କହନ୍ତି । ଅର୍ଥାତ୍ ସମୟ ସହିତ ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନର ପରିବର୍ତ୍ତନ-ହାରକୁ ପରିବେଗ କୁହାଯାଏ । ପରିବେଗରେ ମାନ ଓ ଦିଗ ଉଭୟର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଥାଏ । ଏହା ଏକ ଭେକ୍‌ଟର ରାଶି । ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା କଥା ଯେ କୌଣସି ପରିବେଗର ମାନ ବା ଦିଗ କିମ୍ବା ଉଭୟର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ପରିବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ବେଗ କ୍ଷେତ୍ରରେ କେବଳ ମାନ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ ବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଥାଏ ।

ସମାନ ସମାନ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ସମାନ ସମାନ ପଥ ଅତିକ୍ରମ କଲେ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗକୁ **ସମପରିବେଗ** (Uniform velocity) କହନ୍ତି । ଅନ୍ୟଥା ତାହାର ପରିବେଗକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ (Variable) କୁହାଯାଏ । ଯଦି ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସମ ପରିବେଗରେ ଗତିକରି t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ s ବାଟଯାଏ ତେବେ ସେହି ଦିଗରେ ତାହାର ପରିବେଗ $\frac{s}{t}$ ଅଟେ । ଚିତ୍ର 10 ରେ ଏକ ସମପରିବେଗ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁର ଉଦାହରଣ ଦିଆଯାଇଅଛି । ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଏହାର ଅବସ୍ଥିତି a, b, c ଓ d ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅବସ୍ଥିତି ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ 10 ସେ:ମି । ତେଣୁ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗ 10 ସେ:ମି ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଅର୍ଥାତ୍ 10 ସେ:ମି/ସେକେଣ୍ଡ । ବେଗ ସ୍ୱଦସ୍ଥ ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ପରିବେଗର ଏକକ ଏକ ସେ:ମି/ସେକେଣ୍ଡ ଓ ବ୍ରିଟିଶ ପଦ୍ଧତିରେ

ଏକଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ । ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ସମୟ ଏକକ ଦ୍ୱୟରୁ ଗଠିତ ଏହା ଏକ ଲବ୍ଧ ଏକକ । ଅଧିକ ବେଗବାନ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ମାପିବାପାଇଁ ଅବଶ୍ୟ କେତେକ ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ



(ଚିତ୍ର 10)

(Practical unit) ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଯଥା—ଏକ କି:ମି/ଘଣ୍ଟା ବା ଏକ ମାଇଲ/ଘଣ୍ଟା । ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ଯେକୌଣସି ଏକକରେ ସୂଚିତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ତାହାକୁ ଅନ୍ୟ ଯେକୌଣସି ଛୋଟ ଏକକରେ ରୂପାନ୍ତରିତ କରାଯାଇପାରେ ।

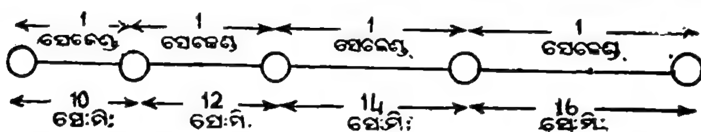
ବେଗ ଓ ପରବେଗ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ :

ସମୟ ସହିତ ବସ୍ତୁର ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାରକୁ ବେଗ କହନ୍ତି । ଅର୍ଥାତ୍ ଏକକ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ବସ୍ତୁଟି ଯେଉଁ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅତିକ୍ରମ କରେ ତାହାହିଁ ବସ୍ତୁର ବେଗ । ବେଗରେ କେବଳ ମାନର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଥାଏ କିନ୍ତୁ କୌଣସି ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ନଥାଏ । ତେଣୁ ଏହା ଏକ ସ୍କାଲର ରାଶି ।

ସମୟ ସହିତ ବସ୍ତୁର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ-ହାରକୁ ପରିବେଗ କୁହାଯାଏ । ପରିବେଗ କହିଲେ ଏକକ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ବସ୍ତୁଟି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ଯେଉଁ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅତିକ୍ରମ କରେ ତାହାକୁହିଁ ବୁଝାଇଥାଏ । ପରିବେଗରେ ମାନ ଓ ଦିଗ ଉଭୟର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ରହେ । ତେଣୁ ଏହା ଏକ ଭେକ୍‌ଟର ରାଶି । ମୋଟ ଉପରେ କହିବାକୁ ଗଲେ କୌଣସି ଦିଗରେ ବସ୍ତୁର ବେଗହିଁ ପରିବେଗ ।

ତ୍ୱରଣ (Acceleration) :

ସମୟ ସହିତ ପରିବେଗ-ବୃଦ୍ଧିର ହାରକୁ **ତ୍ୱରଣ** କୁହାଯାଏ , ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ଯେଉଁ ପରିମାଣରେ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ତାହାହିଁ ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ । ସମାନ ସମାନ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ପରିବେଗର ସମାନ ସମାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ତାହାକୁ ସମ-ତ୍ୱରଣ (Uniform acceleration) କହନ୍ତି । ଅନ୍ୟଥା ତ୍ୱରଣ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ (Variable) ହୋଇଥାଏ । ପରିବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ତ୍ୱରଣ ହୋଇଥିବାରୁ ପରିବେଗ ପରି ଏଥିରେ ମଧ୍ୟ ମାନ ଓ ଦିଗ ଉଭୟର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଥାଏ । ତେଣୁ ତ୍ୱରଣ ଏକ



(ଚିତ୍ର 11)

ଭେକ୍‌ଟର ରାଶି । ଚିତ୍ର 11 ରେ ଏକ ସମତ୍ୱରଣର ଉଦାହରଣ ଦିଆଯାଇଅଛି । ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥିତି ଚିତ୍ରରେ ସୂଚିତ ହୋଇଛି । ପ୍ରଥମ ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗ 10 ସେ:ମି/ସେକେଣ୍ଡ । ପ୍ରଥମ ସେକେଣ୍ଡ ଅନ୍ତେ ଏହାର ପରିବେଗ

ହେଲା 12 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ । 2ୟ ସେକେଣ୍ଡ ଅନ୍ତେ ପରିବେଗ ହେଲା 14 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ତେଣୁ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗ 2 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଛି । ଏହିପରି ଭାବରେ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 2 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ବଢ଼ି ଚାଲିଛି । ତେଣୁ ଏଠାରେ ବସ୍ତୁଟିର ସମତ୍ୱରଣ ହେଉଛି ଏବଂ ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ହେଲା 2 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଅର୍ଥାତ୍ 2 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ/ସେକେଣ୍ଡ ବା 2 ସେ:ମି:/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ । ତ୍ୱରଣ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ପରିବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ-ହାରକୁ ବୁଝାଉଥିବାରୁ ଏଥିରେ ସମୟ ଏକକର ଦୁଇଥର ଉଲ୍ଲେଖ ରହେ ।

ମେଟ୍ରିକ୍ ପଦ୍ଧତିରେ ତ୍ୱରଣର ଏକକ ଏକ ସେ:ମି:/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ ଓ ବ୍ରିଟିଶ ପଦ୍ଧତିରେ ଏକ ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ ।

ମନ୍ଦନ (Retardation) :

ସମୟ ସହିତ ବେଗ-ହ୍ରାସର ହାରକୁ **ମନ୍ଦନ** କହନ୍ତି । ବୀଜଗଣିତର ଧାରଣାନୁଯାୟୀ ମନ୍ଦନ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (Negative) ତ୍ୱରଣ ମାତ୍ର । ଟ୍ରେନ ଯେତେବେଳେ ଷ୍ଟେସନ୍ ଛାଡ଼ିଯାଏ ତାହାର ଗତି ଧୀରେ ଧୀରେ ବଢ଼େ । ସେତେବେଳେ ତାହାର ତ୍ୱରଣ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଟ୍ରେନ ଯେତେବେଳେ କୌଣସି ଷ୍ଟେସନର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ହୁଏ ତାହାର ଗତି ଧୀରେ ଧୀରେ କମି ଆସେ । ସେତେବେଳେ ଏହାର ମନ୍ଦନ ବା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ତ୍ୱରଣ ହୋଇଥାଏ । ମନେକର ଟ୍ରେନ୍‌ଟି ଷ୍ଟେସନର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ହେବା ସମୟରେ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ତାହାର ପରିବେଗ 2 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ କମିଯାଏ । ଏଠାରେ ଆମେ କହିବା ଟ୍ରେନର ତ୍ୱରଣ–2 ମିଟର/ବର୍ଗସେକେଣ୍ଡ । ତ୍ୱରଣ ପରି ମନ୍ଦନ ମଧ୍ୟ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ବା ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ହୋଇଥାଏ ।

3.3 ଭେକ୍‌ଟର ଓ ସ୍କାଲାର ରାଶି (Vectors and Scalars) :

ବିସ୍ଥାପନ, ପରିବେଗ, ତ୍ୱରଣ, ମନ୍ଦନ ପ୍ରଭୃତି ରାଶିପରି ଯେଉଁସବୁ ରାଶିର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରିଚୟ ପାଇଁ ମାନ ଓ ଦିଗ ଉଭୟର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ, ସେହି ରାଶିଗୁଡ଼ିକୁ ଭେକ୍‌ଟର ରାଶି ବା କେବଳ **ଭେକ୍‌ଟର** କୁହାଯାଏ । ପୁଣି ଦୈର୍ଘ୍ୟ, ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ସମୟ, ବେଗ ଇତ୍ୟାଦି ଅନେକ ରାଶି ଅଛି ଯାହାର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରିଚୟ ପାଇଁ କେବଳ ମାନର ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶର ଆବଶ୍ୟକତା ନଥାଏ । ଏଭଳି ରାଶିଗୁଡ଼ିକୁ ସ୍କାଲାର ରାଶି ବା କେବଳ **ସ୍କାଲାର** କହନ୍ତି । ଯେକୌଣସି ସ୍କାଲାର ରାଶିକୁ କେବଳ ସଂଖ୍ୟାଦ୍ୱାରା ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଏ । ଭେକ୍‌ଟର ରାଶି ସାଧାରଣତଃ ତୀର ଚିହ୍ନିତ ସରଳ ରେଖାଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ସରଳରେଖାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଭେକ୍‌ଟରର ମାନର ଆନୁପାତିକ ହୁଏ ଏବଂ ସରଳରେଖା ଉପରେ ଏକ ତୀର ଚିହ୍ନ ଆଙ୍କି ଭେକ୍‌ଟରର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରାଯାଏ ।

3.4 ଭେକ୍‌ଟର ଏବଂ ସ୍କାଲାରର ଯୋଗ ଓ ବିୟୋଗ (Addition and Substraction of Vectors and Scalars)

ବୀଜ ଗଣିତର ସାଧାରଣ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ସମ ଜାତୀୟ ସ୍କାଲାର ରାଶିଗୁଡ଼ିକର ଯୋଗ ବିୟୋଗ ହୋଇପାରେ । ଏଥିପାଇଁ ଅବଶ୍ୟ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍କାଲାର ରାଶି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (Positive) ବା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (Negative) ଜାଣିବା ଦରକାର । ମନେକର ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୋଟିଏ ବିକର୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 350 ଗ୍ରାମ୍ । ଖାଲି ବିକରଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 60 ଗ୍ରାମ୍ । ଅତଏବ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ=350–60=290 ଗ୍ରାମ୍ । କିନ୍ତୁ ସମଜାତୀୟ ନହେଲେ ଦୁଇଟି ସ୍କାଲାର ରାଶିର ଯୋଗ

ବା ବିୟୋଗ ହୁଏ ନାହିଁ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଯୋଗ ହୋଇପାରେ । ସେହିମରି ବସ୍ତୁତ୍ୱରୁ କେବଳ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିୟୋଗ କରାଯାଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ସମୟର ଯୋଗ ବା ବସ୍ତୁତ୍ୱରୁ ସମୟର ବିୟୋଗ ଅସମ୍ଭବ ।

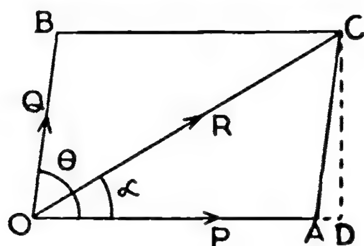
ସମଜାତୀୟ ଦୁଇଟି ଭେକ୍ଟରର ଯୋଗ ବା ବିୟୋଗ କରାଯାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ପରିବେଗ ସହିତ କେବଳ ପରିବେଗର ଯୋଗ ବା ବିୟୋଗ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ପରିବେଗ ସହିତ ତ୍ୱରଣର ଯୋଗ ବା ବିୟୋଗ ଅସମ୍ଭବ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଭେକ୍ଟର ରାଶିର ମାନ ସହିତ ଦିଗର ମଧ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଥାଏ । ତେଣୁ ସ୍କାଲର ପରି ବୀଜ ଗଣିତର ସାଧାରଣ ନିୟମାନୁଯାୟୀ ଭେକ୍ଟରର ଯୋଗ ବିୟୋଗ କରାଯାଏ ନାହିଁ । ଜ୍ୟାମିତିକ ପଦ୍ଧତି ଅନୁସାରେ ଏମାନଙ୍କର ଯୋଗ ବିୟୋଗ ହୋଇଥାଏ ।

3.5 ଭେକ୍ଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ (Law of Parallelogram of Vectors) :

ଭେକ୍ଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଭେକଟରମାନଙ୍କର ଯୋଗହୁଏ ।

ନିୟମର ସଂଜ୍ଞା—"ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରେ ମିଳିତ ଦୁଇଟି ଭେକ୍ଟର ଯଦି ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ ଏକ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର ଦୁଇ ସନ୍ନିହିତ ବାହୁଦ୍ୱାରା ଉଭୟ ମାନ ଓ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୁଏ ତେବେ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ କର୍ଣ୍ଣ ଭେକଟର ଦୁଇଟିର ପରିଣାମୀ (Resultant)ର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ ।"

ଏହି ନିୟମ କେବଳ ସମଜାତୀୟ ଯେକୌଣସି ଦୁଇଟି ଭେକଟର କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ । ପୂର୍ବେ କୁହାଯାଇଛି ଯେ, ଭେକ୍ଟର ସରଳରେଖାଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ସରଳରେଖାଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଭେକ୍ଟରର ମାନର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ ଏବଂ ସରଳରେଖା ଉପରେ ଅଙ୍କିତ ତୀର ଚିହ୍ନ ଭେକ୍ଟରର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିଥାଏ । ମନେକର OACB ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର O ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ OA ଓ OB ଦୁଇଟି ସନ୍ନିହିତ ବାହୁ (ଚିତ୍ର 12) । OA ବାହୁଦ୍ୱାରା P ଭେକ୍ଟର ଏବଂ OB ବାହୁଦ୍ୱାରା Q ଭେକ୍ଟର ସୂଚିତ ହେଉଅଛି । ମନେକର OA ଓ OBର ଅନ୍ତର୍ଗତ $\angle BOA = \theta$ OCକୁ ଯୋଗ କରାଯାଉ । ବର୍ତ୍ତମାନ OC କର୍ଣ୍ଣ ଭେକ୍ଟର ଦ୍ୱୟର ପରିଣାମୀ (Resultant) Rକୁ ସୂଚିତ କରିବ ।



(ଚିତ୍ର 12)

OCର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରିଣାମୀର ମାନ ଓ ତାହା ଉପରେ ଅଙ୍କିତ ତୀର ଚିହ୍ନ (O ବିନ୍ଦୁରୁ C ବିନ୍ଦୁ ଆଡ଼କୁ) ପରିଣାମୀର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ ।

ମନେକର OC ଓ OAର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ $= \angle AOC = \alpha$ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପରିଣାମୀ Rର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଦରକାର । C ବିନ୍ଦୁରୁ ବର୍ଦ୍ଧିତ OA ଉପରେ ଲମ୍ବ ଅଙ୍କନ କରାଯାଉ । ଏହା ବର୍ଦ୍ଧିତ OA ସହିତ D ବିନ୍ଦୁରେ ମିଳିତ ହେଉ ।

ତ୍ରିକୋଣମିତିର ନିୟମାନୁଯାୟୀ

$OC^2 = OD^2 + CD^2$
$= (OA + AD)^2 + CD^2$ [∵ $OD = OA + AD$]
$= OA^2 + 2OA.AD + AD^2 + CD^2$
$= OA^2 + AC^2 + 2OA \cdot AD$ [∵ $AC^2 = AD^2 + CD^2$]
$= OA^2 + AC^2 + 2OA \times AC \cos\theta$ [∵ $AD = AC \cos\theta$]
$= OA^2 + OB^2 + 2OA \times OB \cos\theta$ [∵ $AC = OB$]

ଅଥବା $R^2 = P^2 + Q^2 + 2P.Q \cos\theta$......(1)

ଭେକ୍ଟର P ଓ Q ଏବଂ ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ θ ଦତ୍ତଥିଲେ ଉକ୍ତ ଭେକ୍ଟର ଦ୍ୱୟର ପରିଣାମୀ Rର ମାନ ସମୀକରଣ (1) ସାହାଯ୍ୟରେ ସହଜରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପରିଣାମୀ Rର ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ସେଥିପାଇଁ ପରିଣାମୀ R ଭେକଟର P ସହିତ ଯେଉଁ କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ତାହା ଜାଣିବା ଦରକାର । ମନେକର ଏହି କୋଣ= $\angle AOC = \alpha$

$$\tan\alpha = \frac{CD}{OD} = \frac{CD}{OA+AD} = \frac{AC\ \sin\theta}{OA + AC\ \cos\theta} = \frac{Q \sin\theta}{P + Q \cos\theta}$$

ଦ୍ରଷ୍ଟବ୍ୟ–∠θ ସ୍ଥୂଳ ହେଲେ D ବିନ୍ଦୁ O ଏବଂ A ର ଭିତରେ ରହିବ । କିନ୍ତୁ ତଦ୍ଦ୍ୱାରା ପରିଣାମୀ R ର ମାନ ଓ ଦିଗରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ନାହିଁ ।

ବିଶେଷ କ୍ଷେତ୍ର :

(କ) $\theta = 90^\circ$ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ଭେକ୍ଟର ଦ୍ୱୟ (P ଓ Q) ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହେଲେ OBCA ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜଟି ଆୟତକ୍ଷେତ୍ରରେ ପରିଣତ ହେବ ।
ଏବଂ $R^2 = P^2 + Q^2$ [∵ $\cos 90^\circ = 0$]

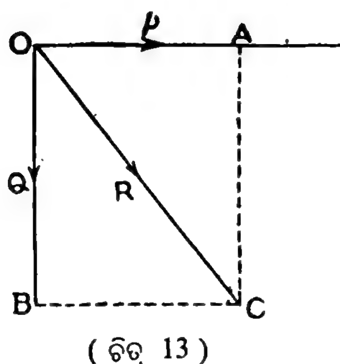
(ଖ) $\theta = 0^\circ$ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ ଭେକ୍ଟର ଦ୍ୱୟ ସମଦିଗରେ ରହିଲେ
$R^2 = P^2 + Q^2 + 2P \times Q \cos 0^\circ$
$= P^2 + Q^2 + 2PQ$ [∵ $\cos 0^\circ = 1$]
$= (P+Q)^2$
$\therefore R = P + Q$

ଅର୍ଥାତ୍ ପରିଣାମୀର ମାନ ଭେକଟର ଦ୍ୱୟର ମାନର ଯୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ହେବ ଏବଂ ତାହା ଭେକଟର ଦ୍ୱୟର ଦିଗରେ ମଧ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ ।

(ଗ) $\theta = 180^\circ$ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ଭେକଟର ଦୁଇଟି ଏକ ସରଳରେଖାରେ କିନ୍ତୁ ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ

$R^2 = P^2 + Q^2 + 2P \times Q \cos 180^\circ$
$= P^2 + Q^2 + 2P.Q \times (-1)$ [∵ $\cos 180^\circ = -1$]
$= P^2 + Q^2 - 2PQ$
$= (P - Q)^2$
$\therefore R = (P - Q)$

ଅର୍ଥାତ୍ ପରିଣାମୀ ଭେକ୍‌ଟରରମାନ ଭେକ୍‌ଟର ଦ୍ୱୟର ମାନର ବିୟୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ହେବ ଏବଂ ତାହା ଭେକ୍‌ଟର ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରୁ ବୃହତ୍ତର ଭେକ୍‌ଟରଟି ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ।



(ଚିତ୍ର 13)

ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ—ଚିତ୍ର 13 ରେ O ବିନ୍ଦୁ-ସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ପାଲଟଣା ନୌକାର ଆହୁଲ ସାହାଯ୍ୟରେ A ଦିଗରେ P ପରିବେଗରେ ଗତି କରନ୍ତା । କିନ୍ତୁ ପବନ Q ପରିବେଗରେ B ଦିଗରେ ବହୁଅଛି । ଏ ଅବସ୍ଥାରେ ନୌକାଟି କେଉଁ ଦିଗରେ ଏବଂ କେତେ ପରିବେଗରେ ଯିବ ? Q ବିନ୍ଦୁରୁ A ଦିଗରେ P ର ଆନୁପାତିକ OA ଅଂଶ ଏବଂ ସେହି ଅନୁସାରେ B ଦିଗରେ Q ର ଆନୁପାତିକ OB ଅଂଶ ଛେଦ କର । ବର୍ତ୍ତମାନ OACB ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କରି OC କର୍ଣ୍ଣ ଅଙ୍କନ କର ।

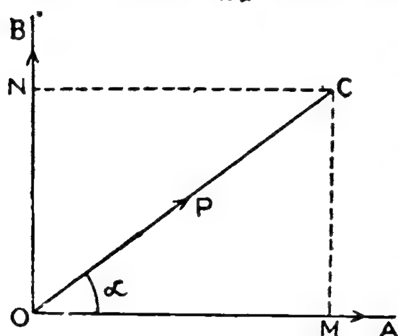
ଉକ୍ତ ଅନୁପାତରେ OC ପରିଣାମୀ R ର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ । ନୌକାଟି OC ପଥରେ ଗତି କରିବ ।

ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଦୁଇଟି ଭେକ୍‌ଟର ଜ୍ୟାମିତିକ ପଦ୍ଧତି ଅନୁଯାୟୀ କିପରି ଯୋଗ କରାଯାଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ (Resultant) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହୁଏ ତାହା ଆମେମାନେ ଜାଣିଲୁ । ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଦୁଇରୁ ଅଧିକ ଭେକ୍‌ଟର ଏକ ସଙ୍ଗେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ପୂର୍ବବର୍ଣ୍ଣିତ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ସେମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାରେ କୌଣସି ଅସୁବିଧା ହୁଏ ନାହିଁ । ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ଭେକ୍‌ଟର ଥିଲେ ପ୍ରଥମେ ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟିର ପରିଣାମୀ, ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ତତ୍ପରେ ଏହି ନିର୍ଣ୍ଣିତ ପରିଣାମୀ ଭେକ୍‌ଟର ଓ ତୃତୀୟ ଭେକ୍‌ଟରରପରିଣାମୀ ସେହି ନିୟମାନୁଯାୟୀ ବାହାର କରିବାକୁ ହୁଏ । ଏହିପରି ଭାବରେ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ସବୁ ଭେକ୍‌ଟରଗୁଡ଼ିକୁ ନିଃଶେଷ କରି ଶେଷ ପରିଣାମୀ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାକୁ ଭେକ୍‌ଟରର **ସଂଯୋଜନ** (Composition of vectors) କହନ୍ତି ।

3.6 ଭେକ୍‌ଟର୍‌ର ବିୟୋଜନ (Resolution of vectors) :

ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରେ କ୍ରିୟାରତ ଦୁଇଟି ଭେକ୍‌ଟରକୁ ଭେକ୍‌ଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମାନୁସାରେ ସଂଯୋଜିତ କରି ସେମାନଙ୍କର ଗୋଟିଏ ପରିଣାମୀ ଭେକ୍‌ଟର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହାର ବିପରୀତ ରୀତିରେ ଗୋଟିଏ ଭେକ୍‌ଟରକୁ ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରେ ଆଂଶିକ ଭେକ୍‌ଟରରେ ବିୟୋଜନ କରିହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭେକ୍‌ଟରଟିକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଥିବା ସରଳରେଖାକୁ କର୍ଣ୍ଣ କରି ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ଅଙ୍କନ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ଭେକ୍‌ଟରର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁରେ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର ଯେଉଁ ଦୁଇଟି ସନ୍ନିହିତ ବାହୁ ମିଳିତ ହୋଇଥାଏ । ସେମାନେ ଭେକ୍‌ଟରର ଦୁଇ ବିୟୋଜିତ ଭାଗ (Resolved part) ର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଏହା ଦ୍ୱାରା ଭେକ୍‌ଟରର ବିୟୋଜିତ ଭାଗ ଆଦୌ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । କାରଣ ପ୍ରଦତ୍ତ ଭେକଟର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଥିବା ସରଳ ରେଖାକୁ କର୍ଣ୍ଣକରି ଅସଂଖ୍ୟ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ଅଙ୍କନ କରାଯାଇପାରେ ।

ଅବଶ୍ୟ ବିଯୋଜନର ଦିଗ ଦୁଇଟି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହେଲେ ପ୍ରଦତ୍ତ ଭେକ୍‌ଟରଟିକୁ କର୍ଣ୍ଣ କରି କେବଳମାତ୍ର ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ଅଙ୍କିତ ହୋଇପାରେ । ଫଳରେ ଭେକ୍‌ଟରର ବିଯୋଜିତ ଭାଗ ଦୁଇଟି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୁଏ । ପୁଣି ବିଯୋଜିତ ଭାଗଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସହଜ ହୋଇଥାଏ । ଚିତ୍ର 14ରେ P ଭେକ୍‌ଟର OC ସରଳ-ରେଖା ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୋଇଅଛି । ମନେକର OA ଦିଗ OC ସହିତ α କୋଣ ଉତ୍ପାଦନ କରେ । OB ଦିଗ O ବିନ୍ଦୁରେ OA ପ୍ରତି ଲମ୍ବ । ବର୍ତ୍ତମାନ OA ଓ OB ଦିଗରେ ଭେକ୍‌ଟରର ବିଯୋଜିତ ଭାଗ ଦୁଇଟି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । CM ଓ CN C ବିନ୍ଦୁରୁ ଯଥାକ୍ରମେ OA ଓ OB ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ।



(ଚିତ୍ର 14)

ବର୍ତ୍ତମାନ OMCN ଗୋଟିଏ ଆୟତ କ୍ଷେତ୍ର । ତେଣୁ P ଭେକ୍‌ଟର OM ଓ ON ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ଭେକ୍‌ଟର ଦ୍ୱୟର ପରିଣାମୀଭେକ୍‌ଟର ହେବ । ତ୍ରିକୋଣମିତି ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ,

$$OM = OC\ \cos\alpha = P\ \cos\alpha$$

$$ON = CM = OC\ \sin\alpha = P\ \sin\alpha$$

OA ଦିଗରେ P ଭେକ୍‌ଟରର ବିଯୋଜିତ ଭାଗ P Cosα ଏବଂ ତାହାର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଅର୍ଥାତ୍ OB ଦିଗରେ P Sinα । ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ, କୌଣସି ଭେକଟର ବିଯୋଜିତ ଭାଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ଭେକ୍‌ଟରର ମାନ ସହିତ ସେହି ଦିଗ ଓ ଭେକ୍‌ଟରର ଦିଗର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣର କୋ-ସାଇନ୍ (Cosine) ଗୁଣନ କରିବାକୁ ହୁଏ ।

3.7 ଆପେକ୍ଷିକ ପରବେଗ (Relative velocity) :

ପୂର୍ବେ କୁହାଯାଇଛି ଯେ ଗତିମାତ୍ରକେ ଆପେକ୍ଷିକ । ଆମ୍ଭେମାନେ ସାଧାରଣତଃ ଯେଉଁ ସବୁ ଗତି ସହିତ ପରିଚିତ ସେଗୁଡ଼ିକ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି (Relative motion) । ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନର ପରିବର୍ତ୍ତନ-ହାରକୁ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ କହନ୍ତି ।

ସାଧାରଣତଃ ବସ୍ ବା ଟ୍ରେନରେ ଯିବା ସମୟରେ ରାସ୍ତାର ଦୁଇପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ଗଛଗୁଡ଼ିକ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତିକଲା ପରି ଜଣାପଡ଼େ । ବସ୍ ବା ଟ୍ରେନ ତୁଳନାରେ ଗଛଗୁଡ଼ିକର ଏହିଗତି ଆପେକ୍ଷିକ ଗତିର ଏକ ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ । ଚଳନ୍ତା ଟ୍ରେନ ବା ବସ୍ ମଧ୍ୟରେ ବସିଥିବା ଦୁଇଟି ଯାତ୍ରୀ ପରସ୍ପରକୁ ସ୍ଥିର ଦେଖନ୍ତି । କାରଣ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତରେ ସେମାନେ ଉଭୟ ଗତିଶୀଳ, କେବଳ ଜଣକ ତୁଳନାରେ ଅନ୍ୟର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ଶୂନ୍ୟ (Zero) ଅଟେ ।

3.8 ଆପେକ୍ଷିକ ପରବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ ପ୍ରଣାଳୀ:

ମନେକର A ଓ B ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ । B ତୁଳନାରେ A ବସ୍ତୁଟିର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ଜାଣିବାକୁ ହେଲେ B ବସ୍ତୁକୁ ଆପାତତଃ ସ୍ଥିର ବୋଲି ଧରି ତାହାର ତୁଳନାରେ A ବସ୍ତୁଟିର

ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ–ହାର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହୁଏ । ସେହିପରି A ତୁଳନାରେ B ବସ୍ତୁଟିର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ଜାଣିବା ପାଇଁ A ବସ୍ତୁଟିକୁ ଆପାତତଃ ସ୍ଥିର ବୋଲି ଧରି ତାହାର ତୁଳନାରେ B ବସ୍ତୁଟିର ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ–ହାର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଦରକାର ।

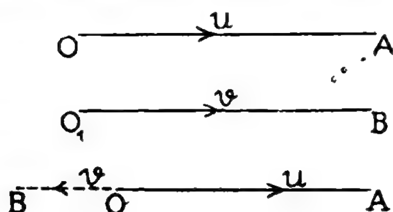
ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପାୟରେ B ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ A ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ଜାଣି ହୁଏ । Aର ପରିବେଗ ସହିତ Bର ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତମୁଖୀ ପରିବେଗ ସଂଯୋଜିତ କରି ପରିଣାମୀ ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହି ପରିଣାମୀ ପରିବେଗ B ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ A ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ । ସେହିପରି A ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ Bର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ଜାଣିବାପାଇଁ Bର ପରିବେଗ ସହିତ Aର ଏକ ବିପରୀତ ମୁଖୀ ପରିବେଗ ସଂଯୋଜିତ କରି ପରିଣାମୀ ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହୁଏ ।

(କ) ପରିବେଗଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମାନ୍ତର ହେଲେ–

ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟି ଏକ ସରଳରେଖାରେ କିମ୍ବା ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଗତିକଲେ ସେମାନଙ୍କର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଭାବରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ମନେକର A ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ u ଏବଂ B ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ v

(i) ଯଦି ଉଭୟ ବସ୍ତୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି,

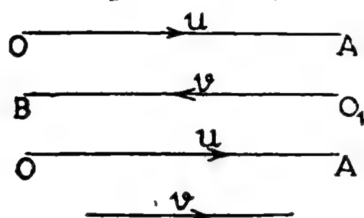
ଉଭୟ A ଓ B ସମ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଛନ୍ତି । ବର୍ତ୍ତମାନ B ତୁଳନାରେ A ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା । ଚିତ୍ର 15ରେ Aର ପରିବେଗ ସହିତ Bର ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତମୁଖୀ ପରିବେଗ ସଂଯୋଜନ କରାଯାଇ ଅଛି । ଫଳରେ ପରିଣାମୀ ପରିବେଗ (Resultant velocity)=u—v । ତେଣୁ B ତୁଳନାରେ Aର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ =u—v । ସେହିପରି A ତୁଳନାରେ Bର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ =v—u



(ଚିତ୍ର 15)

(ii) ଯଦି ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟି ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି–

B ତୁଳନାରେ A ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାପାଇଁ ଉପରୋକ୍ତ ନିୟମାନୁଯାୟୀ Aର ପରିବେଗ ସହିତ Bର ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତମୁଖୀ ପରିବେଗ ସଂଯୋଜନ କରିବା ଦରକାର (ଚିତ୍ର 15 a)ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରିଣାମୀ ପରିବେଗ=u—(—v) =u+v । ତେଣୁ B ତୁଳନାରେ A ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ=u+v ଏବଂ ଏହାର ଦିଗ A ଗତି କରୁଥିବା ଦିଗ ସହିତ ସମାନ । ସେହିପରି A ତୁଳନାରେ Bର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ u+v ଏବଂ ଏହାର ଦିଗ B ଗତି କରୁଥିବା ଦିଗ ସହିତ ସମାନ । ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗର ମାନ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମାନ, କେବଳ ଦିଗର ପ୍ରଭେଦ ରହେ ।

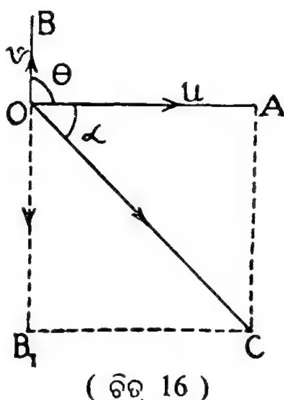


(ଚିତ୍ର 15 a)

ଅତଏବ ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ବା ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ସମଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ ସେମାନଙ୍କର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗର ମାନ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱୟର ପରିବେଗ ଦୁଇଟିର ମାନର ଅନ୍ତରଫଳ ସହିତ ସମାନ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗର ମାନ ପରିବେଗ ଦୁଇଟିର ଯୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ।

(ଖ) ପରିବେଗ ଦୁଇଟି ପରସ୍ପର ପ୍ରତି କୌଣିକ ଭାବରେ (Inclined) ରହିଲେ —

ମନେକର A ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ=u ଓ B ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ=v ଏବଂ ପରିବେଗ ଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ θ° କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରନ୍ତି । ଚିତ୍ର 16ରେ u ପରିବେଗ OA ଓ v ପରିବେଗ OB ସରଳରେଖା ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୋଇଅଛି । B ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ A ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ Aର ପରିବେଗ ସହିତ Bର ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତମୁଖୀ ପରିବେଗ ସଂଯୋଜନ କରିବାକୁ ହୁଏ । ତତ୍‌ପରେ ଭେକ୍‌ଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମାନୁଯାୟୀ ଏମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଦରକାର । ଚିତ୍ର 16ରେ OC ପରିଣାମୀ ପରିବେଗର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ । ଏହି ପରିଣାମୀ ପରିବେଗହିଁ B ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ A ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ।



(ଚିତ୍ର 16)

ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ଚିତ୍ର 16ରେ $\angle AOB_1 = 180^\circ - \theta$
ଭେକ୍‌ଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମାନୁସାରେ

$$OC^2 = u^2 + v^2 + 2uv \operatorname{Cos} (180^\circ - \theta)$$
$$= u^2 + v^2 - 2uv \operatorname{Cos}\theta$$

$\therefore$ ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗର ମାନ $OC = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \operatorname{Cos}\theta}$

ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗର ଦିଗ :

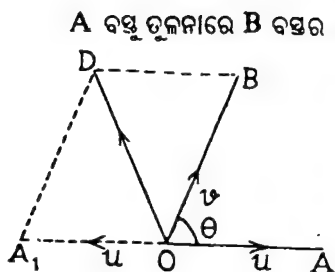
ମନେକର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ A ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ସହିତ α କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ।

ଅର୍ଥାତ $\angle AOC = \alpha$

$$\tan \alpha = \frac{v \operatorname{Sin} (180^\circ - \theta)}{u + v\operatorname{Cos}(180^\circ - \theta)} = \frac{v \operatorname{Sin}\theta}{u - v \operatorname{Cos}\theta}$$

ଏହିପରି ଭାବରେ ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗର ମାନ ଓ ଦିଗ ଜଣାଯାଏ ; ଅର୍ଥାତ୍ B ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ A ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

A ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ B ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ସେହିପରି B ର ପରିବେଗ ସହିତ A ର ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତ ମୁଖୀ ପରିବେଗ ସଂଯୋଜନ କରିବାକୁ ହୁଏ ଏବଂ ଭେକ୍ଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ସେମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଚିତ୍ର 17ରେ OD A ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ B ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ ।

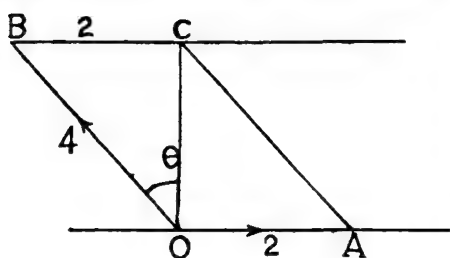


(ଚିତ୍ର 17)

ଉଦାହରଣ :

ଗୋଟିଏ ଲୋକ ସ୍ଥିର ଜଳରେ ଘଣ୍ଟାକୁ 4 ମାଇଲ ବେଗରେ ପହଁରିପାରେ ; କିନ୍ତୁ ନଦୀର ସ୍ରୋତର ବେଗ ଘଣ୍ଟାକୁ 2 ମାଇଲ । ଲୋକଟି ନଦୀ ପାରହୋଇ ଅନ୍ୟ କୂଳରେ ଠିକ୍ ବିପରୀତ ସ୍ଥାନରେ ପହଞ୍ଚିବାକୁ ଇଚ୍ଛାକରେ । ତେବେ ଲୋକଟି କେଉଁ ଦିଗରେ ପହଁରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରିବ ?

ଚିତ୍ର 18 ଦେଖ । ମନେକର ଲୋକଟି O ସ୍ଥାନରେ ଅଛି । ନଦୀର ଅନ୍ୟକୂଳର ଠିକ୍ ବିପରୀତ ସ୍ଥାନ C ରେ ପହଞ୍ଚିବାକୁ ଇଚ୍ଛାକରେ । ଚିତ୍ରରେ OA ସ୍ରୋତର ବେଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ OACB ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କର । ଲୋକଟି OB ଦିଗରେ ପହଁରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟାକଲେ C ଠାରେ ପହଞ୍ଚିବ । କାରଣ ଭେକ୍ଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ ଅନୁସାରେ OC କର୍ଣ୍ଣ ସ୍ରୋତର ବେଗ ଓ ଲୋକଟିର ବେଗର ପରିଣାମୀ



(ଚିତ୍ର 18)

(Resultant) ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ∠AOB ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଦରକାର । ମନେକର ∠BOC=θ

OA=BC=2 ମାଇଲ ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି

OB=4 ମାଇଲ ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି

$$\therefore \ \text{Sin}\ \theta=\frac{BC}{OB}=\frac{2}{4}=\frac{1}{2} \because \angle AOC=90^\circ$$

ତେଣୁ θ=30°

କିନ୍ତୁ ∠AOC=90°

$$\angle AOB=\angle AOC+\angle COB=90^\circ+30^\circ=120^\circ$$

ଲୋକଟିର ପହଁରିବା ଦିଗ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ସହିତ 120° କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବ । (ଉତ୍ତର)

ସାରାଂଶ

ବିଶ୍ୱରେ ପରମସ୍ଥିରତା (Absolute Rest) ଅସମ୍ଭବ । ସମସ୍ତପ୍ରକାର ଗତି ଆପେକ୍ଷିକ (Relative) ମାତ୍ର । ବସ୍ତୁର ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନହାରକୁ ବେଗ (Speed) କହନ୍ତି । ବସ୍ତୁର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାରକୁ ପରିବେଗ (Velocity) କହନ୍ତି । ସମୟ ସହିତ ପରିବେଗ ବୃଦ୍ଧି ହାରକୁ ତ୍ୱରଣ (Acceleration) କୁହାଯାଏ ।

ଯେଉଁସବୁ ରାଶିର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରିଚୟପାଇଁ ମାନ ଓ ଦିଗ ଉଭୟର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ସେ ଗୁଡ଼ିକୁ ଭେକଟର କହନ୍ତି ।

ଯେଉଁ ରାଶିର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରିଚୟ ପାଇଁ କେବଳ ମାନର ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ ତାହାକୁ ସ୍କାଲର କହନ୍ତି । ବୀଜ ଗଣିତର ସାଧାରଣ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ସମଜାତୀୟ ସ୍କାଲର ଗୁଡ଼ିକର ଯୋଗ ବିୟୋଗ ହୋଇପାରେ । ଭେକ୍‌ଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଭେକ୍‌ଟର ମାନଙ୍କର ସଂଯୋଜନ ହୁଏ । ଭେକ୍‌ଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ–ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରେ ମିଳିତ ଦୁଇଟି ଭେକ୍‌ଟର ଯଦି ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ ଏକ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର ଦୁଇ ସନ୍ନିହିତ ବାହୁଦ୍ୱାରା ଉଭୟମାନ ଓ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୁଏ ତେବେ ଉକ୍ତ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ କର୍ଣ୍ଣ ଉକ୍ତ ଭେକ୍‌ଟର ଦୁଇଟିର ପରିଣାମୀର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ବେଗ, ବିସ୍ଥାପନ ଓ ପରିବେଗର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ । ମେଟ୍ରିକ ଓ ବ୍ରିଟିଶ ପଦ୍ଧତିରେ ସେମାନଙ୍କର ଏକକ କ'ଣ ?

2. ବେଗ ଓ ପରିବେଗ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ ଦର୍ଶାଅ । ଯଦି ଗୋଟିଏ ମଟର ଗାଡ଼ି 1·5 ଘଣ୍ଟାରେ 54 କି:ମି ବାଟଯାଏ ତେବେ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି ଗାଡ଼ିଟିର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 10 ମି/ସେକେଣ୍ଡ)

3. ଉଦାହରଣ ସହ ଭେକ୍‌ଟର ଓ ସ୍କାଲର ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

4. ଭେକଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ କ'ଣ ? ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ଭେକ୍‌ଟରର ପରିଣାମୀ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ?

5. ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ କହିଲେ କ'ଣ ବୁଝ ? ଏହା କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଉଦାହରଣ ସହ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

6. ଗୋଟିଏ ବସ୍ A ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗକୁ ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି 40 ମାଇଲ ବେଗରେ ଯାଉଅଛି । ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ B ପୂର୍ବଦିଗକୁ ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି 30 ମାଇଲ ବେଗରେ ଯାଉଅଛି । B ତଳନାରେ Aର ଆପେକ୍ଷିକ ବେଗନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି 50 ମାଇଲ)

7. ଗୋଟିଏ ଷ୍ଟେସନରୁ ଦୁଇଟି ଟ୍ରେନ୍ ଏକ ସମୟରେ ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରେ ଗତି କଲେ । ଗତିପଥ ଦୁଇଟି ପରସ୍ପର ସହିତ 120° କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ । ସେମାନଙ୍କର ବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ 40 ମାଇଲ/ଘଣ୍ଟା ଏବଂ 20 ମାଇଲ/ଘଣ୍ଟା ହେଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 52·9 ମାଇଲ/ଘଣ୍ଟା)

8. 65 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡର ଏକ ପରିବେଗକୁ ଦୁଇଟି ଆଂଶିକ ପରିବେଗରେ ବିଯୋଜନ କରାଗଲା । ବିଭକ୍ତାଂଶ ଦୁଇଟି ପରସ୍ପର ପ୍ରତିଲମ୍ବ । ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ଆଂଶିକ ପରିବେଗ 56 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ଅନ୍ୟଟି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: 33 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

9. ଗୋଟିଏ ଜାହାଜ 4 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ଉତ୍ତର ଦିଗକୁ ଗତିକରୁଛି । ସମୁଦ୍ରର ସ୍ରୋତ ଜାହଜାଟିକୁ 3 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ପୂର୍ବ ଦିଗକୁ ଟାଣି ନେଉଛି । ଜାହାଜଟିର ପ୍ରକୃତ ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 5 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ।)

10. ଗୋଟିଏ ଲୋକ ସ୍ଥିର ଜଳରେ ଘଣ୍ଟାକୁ ଏକ ମାଇଲ ବେଗରେ ପହଁରିପାରେ । ଲୋକଟି ନଦୀ ପାରହୋଇ ଅନ୍ୟ କୂଳରେ ଠିକ୍ ବିପରୀତ ସ୍ଥାନରେ ପହଞ୍ଚିବାକୁ ଇଚ୍ଛାକରେ । ନଦୀର ଚଉଡ଼ା 100 ଗଜ, ଏବଂ ନଦୀର ସ୍ରୋତର ବେଗ ଘଣ୍ଟାକୁ $\frac{1}{2}$ ମାଇଲ ହେଲେ ଲୋକଟି କେଉଁ ଦିଗରେ ପହଁରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରିବ ? ନଦୀଟି ପାର ହେବାକୁ ତାକୁ କେତେ ସମୟ ଲାଗିବ ? (ଉ: ନଦୀ ବନ୍ଧ ସହିତ 60°; 3·94 ମିନିଟ)

11. ଦୁଇଟି ସମମାନ ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବେଗର ପରିଣାମୀର ମାନ ଉକ୍ତ ପରିବେଗ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରୁ ଯେକୌଣସି ଗୋଟିକର ମାନ ସହିତ ସମାନ ହେଲେ, ପରିବେଗ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପନ୍ନ କୋଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 120°)

ଚତୁର୍ଥ ଅଧ୍ୟାୟ

ଗତିର ସମୀକରଣାବଳୀ

Equations of motion

4.1 ସରଳରୈଖିକ ଗତି (Rectilinear motion) :

ବସ୍ତୁର ଗତି ବିଭିନ୍ନପ୍ରକାର ହୋଇଥାଏ, ଯଥା—ସରଳରୈଖିକ ଗତି, ବକ୍ରଗତି, ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଗତି ଇତ୍ୟାଦି । ବର୍ତ୍ତମାନ ସରଳରୈଖିକ ଗତି ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

(i) ସରଳରୈଖିକ ସମଗତି (Uniform Motion in a Straight Line):

ମନେକର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସମପରିବେଗରେ ଗତିକରୁଛି । ତେବେ ତାହା ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟରେ କେତେ ବାଟ ଯିବ ?

ବସ୍ତୁର ସମପରିବେଗକୁ u ଧରାଯାଉ ।

ତେବେ ତାହା 1 ସେକେଣ୍ଡରେ u ଦୈର୍ଘ୍ୟର ପଥ ଯିବ ।

	1 ସେକେଣ୍ଡରେ	u ଦୈର୍ଘ୍ୟର ପଥ ଯିବ ।		
	2	,,	2u	
	3	,,	3u	,,
∴	t	,,	tu ବା ut	

ଯଦି t ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁର ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥକୁ s ଧରାଯାଏ

ତେବେ $s = ut$ .... (1)

ବା $u = \frac{s}{t}$

ଉଦାହରଣ—ଜଣେ ଯୁବକ 12 ସେକେଣ୍ଡରେ 100 ମିଟର ଦୌଡ଼ିପାରେ । ତାହାର ବେଗ କେତେ ? ଏଠାରେ $s = 100$ ମିଟର $= 100 \times 100$ ସେ:ମି:

ଏବଂ $t = 12$ ସେକେଣ୍ଡ

$$\therefore u = \frac{s}{t} = \frac{100 \times 100}{12} = 833{\cdot}3 \text{ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ}$$

(ଉତ୍ତର)

4.2 ସମତ୍ୱରିତ ସରଳରୈଖିକ ଗତି :

ମନେକର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସମତ୍ୱରଣରେ ଗତି କରୁଛି । ଏହାର ତ୍ୱରଣକୁ f ଧରାଯାଉ । ମନେକର ଏହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ $= u$ ଅର୍ଥାତ୍ u ପରିବେଗରେ ଏହା ଗତି ଆରମ୍ଭ କଲା ।

ତେବେ	1 ସେକେଣ୍ଡରେ	ଏହାର ପରିବେଗ	$= u + f$
	2 ,,	,,	$= u + 2f$
	3 ,,	,,	$= u + 3f$
ସେହିପରି	t ,,	,,	$= u + tf = u + ft$

ଯଦି t ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଏହାର ଶେଷ ପରିବେଗ v ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ—

ତେବେ $v=u+ft$........................ (2)

ବା $f=\frac{v-u}{t}$

ମନ୍ଦନ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ତ୍ୱରଣ ମାତ୍ର । ତେଣୁ ମନ୍ଦନ ହୋଇଥିଲେ f କୁ ବିଯୁକ୍ତ (—) ଧରିବାକୁ ହୁଏ ଏବଂ $v=u-ft$ ହେବ ।

ଉଦାହରଣ—

ଗୋଟିଏ ମଟର ଗାଡ଼ି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ଯାତ୍ରା ଆରମ୍ଭକଲା । 8 ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ବେଗ ଘଣ୍ଟାକୁ 30 ମାଇଲ ହେଲା । ଏହାର ତ୍ୱରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ମଟର ଗାଡ଼ିଟି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ଯାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ କରିଛି, ଅର୍ଥାତ୍ $u=0$

ଏଠାରେ $v=30$ ମାଇଲ ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି

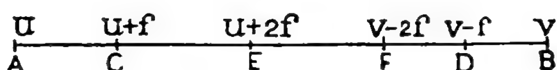
$=\frac{30\times1760\times3}{60\times60}$ ଫୁଟ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି

$=44$ ଫୁଟ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି

$t=8$ ସେକେଣ୍ଡ

ସୁତରାଂ $f=\frac{v-u}{t}=\frac{44-0}{8}=5{\cdot}5$ ଫୁଟ/ ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ (ଉତ୍ତର)

ମନେକର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସମତ୍ୱରଣରେ ଗତିକରୁଛି । ତାହାର ତ୍ୱରଣକୁ f ଧରାଯାଉ । ମନେକର t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ପରିବେଗ u ରୁ ବଢ଼ି v ହେଲା । ଏହି t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ବସ୍ତୁଟି କେତେ ବାଟ ଯିବ ?



(ଚିତ୍ର 19)

ବସ୍ତୁଟି A ବିନ୍ଦୁରୁ ଗତି ଆରମ୍ଭ କରିଛି ଏବଂ t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହା B ବିନ୍ଦୁରେ ପହଞ୍ଚିଲା (ଚିତ୍ର 19) ।

A ଠାରେ ଏହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ (Initial Velocity) $=u$ ଏବଂ B ଠାରେ ଏହାର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ (Final Velocity) $=v$

ତେଣୁ t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ମଧ୍ୟ (Mean) ପରିବେଗ $=\frac{u+v}{2}$

ଯାତ୍ରା ଆରମ୍ଭର 1 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ (C ଠାରେ) ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ $=u+f$

ଯାତ୍ରା ଶେଷର 1 ସେକେଣ୍ଡ ପୂର୍ବରୁ (D ଠାରେ) ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ $=v-f$

ତେଣୁ C, D ମଧ୍ୟରେ ବସ୍ତୁର ମଧ୍ୟ ପରିବେଗ $=\frac{(u+f)+(v-f)}{2}=\frac{u+v}{2}$

ସେହିପରି ଯାତ୍ରା ଆରମ୍ଭର 2 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ (E ଠାରେ) ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ$=u+2f$

ଯାତ୍ରା ଶେଷର 2 ସେକେଣ୍ଡ ପୂର୍ବରୁ (F ଠାରେ) ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ$=v-2f$

ତେଣୁ EF ମଧ୍ୟରେ ବସ୍ତୁର ମଧ୍ୟ ପରିବେଗ$=\frac{(u+2f)+(v-2f)}{2}=\frac{u+v}{2}$

ଏହିପରି ଭାବରେ ପ୍ରମାଣ କରାଯାଇପାରେ, ଯାତ୍ରା କାଳରେ ବସ୍ତୁଟିର ମଧ୍ୟ ପରିବେଗ$=\frac{u+v}{2}$ ଅର୍ଥାତ୍ ଧରାଯାଇ ପାରେ ବସ୍ତୁଟି $\frac{u+v}{2}$ ସମପରିବେଗରେ t ସମୟ ଧରି ଗତିକରି A ବିନ୍ଦୁରୁ ଯାଇ B ବିନ୍ଦୁରେ ପହଞ୍ଚିଛି । ଯଦି ଏହି ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥକୁ s ଧରାଯାଏ ତେବେ ସମୀକରଣ (1) ଅନୁସାରେ $s=\left(\frac{u+v}{2}\right)\times t$

କିନ୍ତୁ ସମୀକରଣ (2) ଅନୁସାରେ $v=u+ft$ । ପୂର୍ବ ସମୀକରଣରେ v ର ଏହି ମାନ ବସାଇଲେ $s=\left(\frac{u+u+ft}{2}\right)\times t=ut+\frac{1}{2}ft^2$

$$\therefore\ s=ut+\tfrac{1}{2}ft^2 \ldots.. \qquad (3)$$

ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ $u=0$ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ଯାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ କଲେ ଉକ୍ତ ସମୀକରଣଟି $s=\frac{1}{2}ft^2$ ରେ ପରିଣତ ହେବ ।

ଉଦାହରଣ 1

ଯଦି ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ 15 ସେ:ମି/ସେକେଣ୍ଡ ହୁଏ ଏବଂ ତାହାର 3 ସେ:ମି / ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ ହାରରେ ତ୍ୱରଣ ହୁଏ, ତେବେ ପଞ୍ଚମ ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁଟି କେତେ ବାଟ ଯିବ ?

ପଞ୍ଚମ ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁର ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ=(5 ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁର ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ)–(4 ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁର ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ) ।

ଦତ୍ତ ଅଛି ଯେ $u=15$ ସେ:ମି/ସେକେଣ୍ଡ
$f=3$ ସେ:ମି/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ

ସମୀକରଣ $s=ut+\frac{1}{2}ft^2$ ବ୍ୟବହାର କଲେ 5 ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁର ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ$=15\times5+\frac{1}{2}\times3\times5^2=\frac{225}{2}=112{\cdot}5$ ସେ:ମି ।

ସେହିପରି 4 ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁର ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ$=15\times4+\frac{1}{2}\times3\times4^2=84$ ସେ:ମି:

$\therefore$ ପଞ୍ଚମ ସେକେଣ୍ଡରେ ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ$=112{\cdot}5-84=28{\cdot}5$ ସେ:ମି: (ଉତ୍ତର)

ସମୀକରଣ (2) ଅନୁଯାୟୀ $v=u+ft$

ଅର୍ଥାତ $v^2=(u+ft)^2=u^2+2\,uft+f^2t^2$

ବା $v^2=u^2+2f(ut+\frac{1}{2}ft^2)$

ବା $v^2=u^2+2fs$.......... (4)

[$\because$ ସମୀକରଣ (3) ଅନୁଯାୟୀ $s=ut+\frac{1}{2}ft^2$]

ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ $u=0$ ହେଲେ

$v^2=2fs$ ହେବ ।

ଉଦାହରଣ 2

ଗୋଟିଏ ମଟର ଗାଡ଼ି ଘଣ୍ଟାକୁ 30 ମାଇଲ ବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ସମୟରେ ବ୍ରେକ୍ ଦେଲା । ଫଳରେ 4 ଫୁଟ/ବର୍ଗସେକେଣ୍ଡ ହାରରେ ତାହାର ମନ୍ଦନ ହେଲା । ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବାପାଇଁ ଏହା କେତେ ବାଟ ଗତି କରିଥିବ ?

ଏଠାରେ ମଟର ଗାଡ଼ିର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ,
$u=30$ ମାଇଲ ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି$=\frac{୩୦\times୧୭୬୦\times୩}{୬୦\times୬୦}=44$ ଫୁଟ/ସେକଣ୍ଡ । ଶେଷରେ ଗାଡ଼ିଟି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବ ଅର୍ଥାତ୍ ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ $v=0$ ମନ୍ଦନ ବିଯୁକ୍ତ ତ୍ୱରଣ ତେଣୁ $f=-4$ ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ

ସମୀକରଣ (4) ଅନୁସାରେ $v^2=u^2+2fs$

ବା $0=44^2+2(-4)s$

ବା $0=44^2-8s$

ବା $8s=44\times44$

$\therefore \quad s=\frac{୪୪\times୪୪}{୮}=242$ ଫୁଟ

ଗାଡ଼ିଟି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବାପାଇଁ 242 ଫୁଟ ଗତି କରିବ । (ଉତ୍ତର)

ସାରାଂଶ

ସମତ୍ୱରିତ ସରଳରୈଖିକ ଗତିରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣ ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ :

1. $v=u+ft$
2. $s=ut+\frac{1}{2}ft^2$
3. $v^2=u^2+2fs$

ବସ୍ତୁର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ $u=0$ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ଗତି ଆରମ୍ଭ କଲେ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣରେ ପରିଣତ ହେବ :

1. $v=ft$
2. $s=\frac{1}{2}ft^2$
3. $v^2=2fs$

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ଗୋଟିଏ ମଟର ଗାଡ଼ି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ସମତ୍ୱରଣରେ ଗତି ଆରମ୍ଭ କଲା । 7·5 ମିନିଟ ପରେ ଗାଡ଼ିଟିର ବେଗ ଘଣ୍ଟାକୁ 81 କି:ମି: ହେଲେ ତାହାର ତ୍ୱରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: 5 ସେ:ମି/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

2. ଗୋଟିଏ ଟ୍ରେନ ଘଣ୍ଟାକୁ 80 କି:ମି: ବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ସମୟରେ ବ୍ରେକ୍ ଦେଲା । 100 ମିଟର ଗତି କଲାପରେ ଏହା ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିଲା । ଯଦି ଟ୍ରେନର ସମମନ୍ଦନ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ତାହାର ମନ୍ଦନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: ମନ୍ଦନ=246·9 ସେ:ମି:/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

3. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ଗତି ଆରମ୍ଭ କରି ଚତୁର୍ଥ ସେକେଣ୍ଡରେ 56 ଫୁଟ ବାଟ ଯାଏ । ଯଦି ବସ୍ତୁର ସମତ୍ୱରଣ ହୁଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁଟି ସପ୍ତମ ସେକେଣ୍ଡରେ କେତେ ବାଟ ଯିବ ? (ଉ: 104 ଫୁଟ)

4. ମିନିଟକୁ 800 ଫୁଟ ହାରରେ ଗତି କରୁଥିବା ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ $\frac{1}{8}$ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଅଣାଗଲା । ବସ୍ତୁର ମନ୍ଦନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 106·7 ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

5. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ 14 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ । ବସ୍ତୁଟି 100 ଫୁଟ ଗତି କଲା ପରେ ତାହାର ପରିବେଗ 19·5 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲା । ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 0·92 ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

6. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ଗତି ଆରମ୍ଭ କରି ଅଷ୍ଟମ ସେକେଣ୍ଡରେ 60 ସେ:ମି: ବାଟ ଗଲା । ଏହାର ତ୍ୱରଣ କେତେ ? (ଉ: 8 ସେ:ମି:/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

7. ଗୋଟିଏ ଉଡ଼ାଜାହାଜ ଘଣ୍ଟାକୁ 60 ମାଇଲ ବେଗରେ ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କଲା । ଯଦି ଉଡ଼ାଜାହାଜଟି ଭୂମି ଉପରେ 352 ଫୁଟ ଗତି କଲା ପରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିଥାଏ, ତେବେ ଉଡ଼ାଜାହାଜର ମନ୍ଦନ କେତେ ? ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବାପାଇଁ ତାହାକୁ କେତେ ସମୟ ଲଗିଥିବ ? (ଉ: 11 ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ; 8 ସେକେଣ୍ଡ)

8. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ସମତ୍ୱରଣରେ ଗତି ଆରମ୍ଭ କଲା । ଏହା 3 ସେକେଣ୍ଡରେ 345 ଫୁଟ ଗତିକଲା । ପରବର୍ତ୍ତୀ 3 ସେକେଣ୍ଡରେ ଏହା 750 ଫୁଟ ଗତି କରିଥିଲେ, ବସ୍ତୁଟିର ତ୍ୱରଣ କେତେ ? (ଉ: 45 ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

ପଞ୍ଚମ ଅଧ୍ୟାୟ
ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କର ଗତି ନିୟମାବଳୀ
Newton's Laws of motion

5.1 ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କର ଗତି ନିୟମ :

ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ନିମ୍ନଲିଖିତ ନିୟମ ତିନୋଟି ଗତି ବିଜ୍ଞାନର ମୂଳ ଭିତ୍ତି ।

ପ୍ରଥମ ନିୟମ—ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ନ ହେବା ଯାଏ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ତା'ର ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେ ଅଥବା ସରଳରୈଖିକ ସମଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେ ରହେ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ—ସଂବେଗ (Momentum) ର ଅନ୍ତରହାର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ (Impressed force) ର ସମାନୁପାତୀ ଓ ଏହା ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଦିଗରେହିଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ।

ତୃତୀୟ ନିୟମ--ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ରିୟା (Action) ର ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା (Reaction) ଅଛି ।

5.2 ଗତି ନିୟମାବଳୀର ଆଲୋଚନା

ପ୍ରଥମ ନିୟମ—ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ନିୟମଟି ଗତି ବା ଗତି ପରିବର୍ତ୍ତନର କାରଣ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଜଡ଼ ପଦାର୍ଥର ଧର୍ମ ବିଷୟରେ ସୂଚନା ଦେଇଥାଏ । ଜଡ଼ ପଦାର୍ଥର ନିଜର କୌଣସି ଉଦ୍ୟୋଗ ନାହିଁ । ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁ ସର୍ବଦା ସ୍ଥିର ରହେ । ପୁଣି ବସ୍ତୁ ଯଦି ଏକ ସରଳରେଖାରେ ସମଗତିରେ ଯାଉଥାଏ, ତେବେ ତାହା ସେହିପରି ଭାବରେ ଗତି କରି ଚାଲେ । ଜଡ଼ ପଦାର୍ଥର ଏହି ଧର୍ମକୁ ଜଡ଼ତ୍ୱ (Inertia) କହନ୍ତି; ଅର୍ଥାତ୍ ଜଡ଼ ବସ୍ତୁ ଯେଉଁ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ତାହାର ରହିବାର ପ୍ରବୃତ୍ତିକୁ ଜଡ଼ତ୍ୱ (Inertia) କୁହାଯାଏ । ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିର ରହିବା ଧର୍ମକୁ ସ୍ଥିତିପ୍ରବଣତା (Inertia of rest) କୁହାଯାଏ । ସେହିପରି ବସ୍ତୁର ସରଳରୈଖିକ ପଥରେ ସମଗତି ହେଉଥିଲେ ବସ୍ତୁର ସେହି ଗତି ଚାଲୁରଖିବା ଧର୍ମକୁ ଗତିପ୍ରବଣତା (Inertia of motion) ଆଖ୍ୟା ଦିଆଯାଇ ଅଛି । ତେଣୁ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କର ପ୍ରଥମ ଗତିନିୟମକୁ **ଜଡ଼ତ୍ୱର ନିୟମ** (Law of Inertia) ମଧ୍ୟ କହନ୍ତି ।

ସାଧାରଣ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷେତ୍ରରେ ଆମ୍ଭେମାନେ ଏହି ଜଡ଼ତ୍ୱ ଉପଲବ୍ଧି କରିଥାଉଁ । ମନେକର, ବସ୍ ଭିତରେ ଗୋଟିଏ ଯାତ୍ରୀ ଠିଆ ହୋଇଛି । ବସ୍‌ଟି ହଠାତ୍ ଚାଲିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କଲେ ଲୋକଟି ପଛକୁ ପଡ଼ିଯାଇପାରେ । କାରଣ ଲୋକଟିର ପାଦ ଦୁଇଟି ବସ୍ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବାରୁ ବସ୍‌ର ଗତି ସହିତ ତାହା ସହଜରେ ଗତି ଲାଭ କରେ । କିନ୍ତୁ ଶରୀରର ବାକି ଅଂଶ ସ୍ଥିତିପ୍ରବଣତା ହେତୁ ପୂର୍ବ ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେହିଁ ରହିବାକୁ ଚାହେଁ । ଫଳରେ ଲୋକଟି ପଛକୁ ଝୁଙ୍କି ପଡ଼େ, ଏପରିକି

ଅସାବଧାନତା ହେତୁ ପଛକୁ ପଡ଼ିଯାଇପାରେ । ସେହିପରି କୌଣସି ବସ୍ ଗତି କରୁ କରୁ ଯଦି ହଠାତ୍ ବ୍ରେକ୍ ଦେଇ ଅଟକିଯାଏ ତେବେ ଯାତ୍ରୀମାନେ ଆଗକୁ ଝୁଙ୍କି ପଡ଼ନ୍ତି । ଅସାବଧାନତା ହେତୁ କେହି କେହି ମଧ୍ୟ ସାମନା ଆଡ଼କୁ ପଡ଼ିଯାନ୍ତି । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ ସହିତ ଯାତ୍ରୀମାନେ ମଧ୍ୟ ଗତି କରୁଥାନ୍ତି । ବସ୍‌ଟି ହଠାତ୍ ଅଟକିଯିବା ଫଳରେ ଯାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ପାଦ ବସ୍‌ର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବାରୁ ହଠାତ୍ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସେ । କିନ୍ତୁ ଶରୀରର ଅନ୍ୟ ଅଂଶ ଗତିପ୍ରବଣତା (Inertia of motion) ହେତୁ ପୂର୍ବଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେହିଁ ରହିବାକୁ ଚାହେଁ । ଫଳରେ ଯାତ୍ରୀମାନେ ଆଗକୁ ଝୁଙ୍କି ପଡ଼ନ୍ତି । ଏହି କାରଣରୁ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ ବା ଟ୍ରେନରୁ ଓହ୍ଲାଇବା ବେଳେ ସତର୍କତାର ସହିତ ଓହ୍ଲାଇବା ଉଚିତ । ନଚେତ୍ ପଡ଼ିଯିବାର ସମ୍ଭାବନା ଥାଏ, କାରଣ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ ବା ଟ୍ରେନ୍‌ରୁ ଓହ୍ଲାଇବା ମାତ୍ରେ ପାଦ ଦୁଇଟି ଭୂମିର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସି ସ୍ଥିର ହୋଇଯାଏ; କିନ୍ତୁ ଶରୀରର ବାକି ଅଂଶ ଗତିପ୍ରବଣତା ହେତୁ ବସ୍ ବା ଟ୍ରେନର ଗତି ସହିତ ତାଳ ରଖି ଆଗେଇ ଯାଏ । ଫଳରେ ଦୁର୍ଘଟଣା ଘଟିବାର ସମ୍ଭାବନା ରହେ, ତେଣୁ ଚଳନ୍ତା ବସ୍ ବା ଟ୍ରେନରୁ ଓହ୍ଲାଇବା ସମୟରେ ତାହା ସହିତ କିଛି ବାଟ ଦୌଡ଼ି ଧୀରେ ଧୀରେ ସମସ୍ତ ଶରୀରକୁ ଏକ ସଙ୍ଗେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣିବାକୁ ପଡ଼େ । ଗତିପ୍ରବଣତାର ଆଉ କେତୋଟି ଉଦାହରଣ ମଧ୍ୟ ଦିଆଯାଇପାରେ । ଗୋଟିଏ ଟ୍ରେନ ସମଗତିରେ ଯାଉଥିବା ସମୟରେ କୌଣସି ଯାତ୍ରୀ ଯଦି ଗୋଟିଏ ବଲକୁ ଉପରକୁ ଫୋପାଡ଼େ କିଛି ସମୟ ପରେ ବଲଟି ପୁଣି ତାର ହାତରେ ଆସି ପଡ଼େ । କାରଣ ଗତିପ୍ରବଣତା ଯୋଗୁଁ ବଲଟିର ଭୂସମାନ୍ତର ବେଗ ଟ୍ରେନର ବେଗ ସହିତ ସମାନ ରହେ । ସାଧାରଣତଃ ଲଙ୍ଗ୍ ଜମ୍ପ (ଲମ୍ବ ଡିଆଁ) କରିବା ସମୟରେ ଖେଳାଳୀକୁ ଅନେକ ଦୂରରୁ ଦୌଡ଼ି ଆସିବାକୁ ପଡ଼େ । ଦୌଡ଼ିବା ଫଳରେ ପ୍ରାପ୍ତବେଗ ଗତିପ୍ରବଣତା ହେତୁ ଖେଳାଳୀକୁ ଅଧିକ ଦୂର ଡେଇଁବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

ନିଜ ଉଦ୍ୟୋଗରେ କୌଣସି ଜଡ଼ପଦାର୍ଥର ଅବସ୍ଥାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । ଯାହା କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେ ଅଥବା ସରଳରୈଖିକ ସମଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆଣେ ବା ଆଣିବାର ଉପକ୍ରମ କରେ ତାହାକୁ **ବଳ** (Force) କହନ୍ତି । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ନିୟମରୁ ଜଡ଼ ପଦାର୍ଥର ଧର୍ମ ବିଷୟରେ ଜାଣିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବଳ ବିଷୟରେ ସମ୍ୟକ୍ ଧାରଣା ମଧ୍ୟ ମିଳିଥାଏ । ସାଧାରଣତଃ ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ଜଡ଼ ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଥାଏ । ମାତ୍ର ବହୁକ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହାର କେବଳ ଉପକ୍ରମ ହୋଇଥାଏ । ଭୂମି ଉପରେ ଥିବା ବଲଟିକୁ ଆଙ୍ଗୁଠିରେ ଠେଲିଦେଲେ ତାହା ଗଡ଼ିଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ବଡ଼ ଟେବୁଲକୁ ଆଙ୍ଗୁଠିରେ ଠେଲି ଘୁଞ୍ଚାଇବା ଅସମ୍ଭବ, ଟେବୁଲଟିକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇବାପାଇଁ ଅଧିକ ବଳର ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ । ସରଳରେଖାରେ ସମବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଗତିର ଦିଗରେ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ବସ୍ତୁର ଗତି ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ମନ୍ଦନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଭୂମି ଉପରେ ଗଡ଼ୁଥିବା ବଲଟି ଧୀରେ ଧୀରେ ସ୍ଥିରଅବସ୍ଥାକୁ ଆସେ । ଏଠାରେ ଭୂମି ଓ ବଲ ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ହେତୁ ତାହାର ବେଗ କମି ଆସେ । ତେଣୁ ଘର୍ଷଣ ଏକ ବଳ । ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ଜଡ଼ ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ତାହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଆପେକ୍ଷିକ ଅବସ୍ଥାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବସ୍ତୁର ବେଗ ଅଧିକ ହୋଇପାରେ, କମ୍ ହୋଇପାରେ ଏପରିକି ବସ୍ତୁଟି ସ୍ୱ ସ୍ଥାନରୁ ନ ଘୁଞ୍ଚିପାରେ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ—ପ୍ରଥମ ନିୟମଟିରୁ ଆମେ ଗତିର କାରଣ ବା ଗତି ପରିବର୍ତ୍ତନର କାରଣ ଜାଣିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବଳର ସଂଜ୍ଞା ପାଇଥାଉଁ । ସେହିପରି ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମଟି ଗତିର ପରିମାଣ ବିଷୟରେ ଧାରଣା ଦେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବଳର ପରିମାପ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଦେଇଥାଏ ।

ବଳର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାନ ଏବଂ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗ ଥାଏ । ତେଣୁ ଏହା ଏକ ଭେକ୍ଟର ରାଶି । ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମଟିର ଅବଲମ୍ବନରେ ବଳର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ସଂବେଗ–ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ତାହାର ପରିବେଗର ଗୁଣଫଳକୁ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ (Momentum) । ଯଦି ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ଏବଂ ତାହାର ପରିବେଗ v ହୁଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁଟିର ସଂବେଗ mv ହେବ । ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଏକକ ପରିବେଗରେ ଗତି କଲେ ତାହାର ସଂବେଗ ଏକକ ସଂବେଗ ହୋଇଥାଏ । ସଂବେଗରେ ମାନ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଦିଗର ମଧ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ରହେ । ଏହାର ଦିଗ ପରିବେଗର ଦିଗ ସହିତ ସମାନ । ତେଣୁ ଏହା ଗୋଟିଏ ଭେକଟର । ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ବସ୍ତୁଟି ଗତିଶୀଳ ହୁଏ । ପୁଣି ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଗତି କରୁଥିବା ଦିଗରେ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ତାହା ତ୍ୱରନ୍ୱିତ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ଗତିରେ ମନ୍ଦନ ଜାତ ହୁଏ ଏବଂ ବସ୍ତୁଟି ଧୀରେ ଧୀରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସେ । ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ସମାନ ବଳ ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟିରେ ସମାନ ପରିବେଗ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ନାହିଁ । ଯାହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କମ୍ ତାହା ଅଧିକ ବେଗରେ ଗତି କରେ ଏବଂ ଯାହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଧିକ ତାହା ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଧୀରେ ଗତି କରିଥାଏ । ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ ଗତିର ପରିମାଣ (Quantity of motion) ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ସେହିପରି ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁ ଯଦି ସମାନ ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଥାଏ, ସେମାନଙ୍କୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣିବାପାଇଁ ସେମାନଙ୍କର ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବିଭିନ୍ନ ମାନର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ଯାହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କମ୍ ତାହାପାଇଁ କମ୍ ମାନର ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ କେବଳ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ତାହାର ଗତି ପରିମାଣର ସୂଚନା ଦିଏ ନାହିଁ । କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଗତିର ପରିମାଣ ତାହାର ପରିବେଗ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉଭୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ପବନ ଧୀରେ ବହିଲେ ଆମକୁ ଭଲ ଲାଗେ; କିନ୍ତୁ ବାତ୍ୟା ସମୟରେ ଏହି ପବନ ଘରଦ୍ୱାର ଉଡ଼ାଇ ନିଏ, ଗଛ ଉପାଡ଼ି ପକାଏ । ବାୟୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କମ୍ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ବାତ୍ୟା ସମୟରେ ଏହାର ପରିବେଗ ଯଥେଷ୍ଟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବାରୁ ଗତିର ପରିମାଣ ଅତ୍ୟଧିକ ହୋଇଥାଏ । ବନ୍ଧୁକର ଗୁଳିକୁ ହାତରେ ଫୋପାଡ଼ିଲେ ତାହା ସାମାନ୍ୟ କ୍ଷତି କରିପାରେ, କିନ୍ତୁ ସେହି ଗୁଳିକୁ ବନ୍ଧୁକ ସାହାଯ୍ୟରେ ଫୁଟାଇଲେ ତାହାର ପରିବେଗ ଅଧିକ ହେବାରୁ ତାହା ମାରାତ୍ମକ ହୋଇଥାଏ । ସମୟ ସମୟରେ ହିମାଳୟ ପର୍ବତରୁ ବିରାଟକାୟ ବରଫପିଣ୍ଡ ଖସି ଆସି ବହୁ ଦୁର୍ଘଟଣା ଘଟାଇଥାଏ । ଏହାକୁ ହିମପ୍ରପାତ କହନ୍ତି । ଏହି ବିରାଟକାୟ ବରଫପିଣ୍ଡର ବେଗ କମ୍ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହା ବହୁତ କ୍ଷତିକାରକ ହୋଇଥାଏ । ଉପରୋକ୍ତ ଉଦାହରଣ ଗୁଡ଼ିକରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ବଢିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତାହାର ଗତିର ପରିମାଣ ଆନୁପାତିକ ଭାବରେ ବଢ଼ିଥାଏ । ପୁଣି ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଧିକ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଗତିର ପରିମାଣ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ, ତେଣୁ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ପରିବେଗର ଗୁଣଫଳଦ୍ୱାରା ଗତିର ପରିମାଣ ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହି ଗୁଣଫଳକୁ ସଂବେଗ ବା ଗତିମାତ୍ରା (Momentum) କହନ୍ତି । ସଂବେଗ ବସ୍ତୁର ଗତିର ପରିମାଣ ସୂଚାଇ ଥାଏ ।

ବଳ ଓ ସଂବେଗ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମ୍ପର୍କ ଅଛି । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଏହି ସମ୍ପର୍କର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଦେଇଥାଏ । କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର ଆନୁପାତିକ ।

ମନେକର, ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ$=m$

କୌଣସି ସମୟରେ ଏହାର ପରିବେଗ$=u$

ମନେକର ଏହି t ସମୟପାଇଁ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ P ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲା । ଫଳରେ ତାର ପରିବେଗ ବଦଳି t ସମୟ ପରେ 'v' ହେଲା ।

t ସମୟ ପୂର୍ବରୁ ସଂବେଗ $=mu$

t ସମୟ ପରେ ସଂବେଗ $=mv$

t ସମୟରେ ସଂବେଗର ଅନ୍ତର $=mv-mu=m(v-u)$

P ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗର ଅନ୍ତରହାର $=m\dfrac{(v-u)}{t}=mf$

$[\because v=u+ft]$

ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମାନୁସାରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ସଂବେଗ ଅନ୍ତରହାର ସହିତ ସମାନୁପାତୀ,

ତେଣୁ $P \propto mf$

କିମ୍ବା $P=kmf$ ଏଠାରେ k ଏକ ଅନୁପାତଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ବଳର ଏକକ ଏପରିଭାବରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ ଯେ ଅନୁପାତଧ୍ରୁବାଙ୍କ k ର ମାନ 1 ହୁଏ । ଯଦି ଆମେ ସ୍ଥିରକରୁ ଯେ ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଯେଉଁ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତହୋଇ ଏକକ ତ୍ୱରଣ ଜାତ କରଏ ତାହାହିଁ ଏକକ ବଳ,

(ଅର୍ଥାତ $m=1$, $f=1$ ହେଲେ $p=1$ ହେବ)

ତେବେ $K = \dfrac{P}{m\times f}=\dfrac{1}{1\times 1}=1$

$\therefore$ **$P=mf$**

ଏକକ ବଳର ଉପରୋକ୍ତ ସଂଜ୍ଞା ଅନୁସାରେ

ବଳ=ବସ୍ତୁତ୍ୱ×ତ୍ୱରଣ

5.3 ବଳର ଏକକ (The unit of Force) :

(କ) ଏକକ ବଳ ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ଏକକ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଏକକ ବଳର ଏହି ସଂଜ୍ଞା ଅନୁସାରେ $P=mf$. ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯଦି ଏକଗ୍ରାମ ହୁଏ ଏବଂ ତ୍ୱରଣ ଯଦି ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକ ସେଣ୍ଟିମିଟର ହୁଏ, ତେବେ ବଳର ଏକକକୁ ଏକ **ଡାଇନ୍** (Dyne) କହନ୍ତି । ଏଫ.ପି.ଏସ୍. (ଫୁ.ପା.ସେ.) ପଦ୍ଧତି ଅନୁସାରେ ବସ୍ତୁତ ଯଦି ଏକ ପାଉଣ୍ଡ ଓ ତ୍ୱରଣ ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକ ଫୁଟ ହୁଏ ତେବେ ବଳର ଏକକକୁ ଏକ **ପାଉଣ୍ଡାଲ୍** (Poundal) କୁହାଯାଏ । ଡାଇନ୍ ଓ ପାଉଣ୍ଡାଲ ବଳର **ପରମ ଏକକ** (Absolute unit)

ମୋଟ ଉପରେ କହିବାକୁ ଗଲେ

ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତି ଅନୁସାରେ ବଳର ପରମ ଏକକ ଡାଇନ୍ (Dyne)— ଏକ ଡାଇନ୍ ବଳ ଏକ ଗ୍ରାମ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକ ସେଣ୍ଟିମିଟର ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

ଏଫ୍. ପି. ଏସ୍. (ଫୁ.ପା.ସେ.) ପଦ୍ଧତିରେ ବଳର ପରମଏକକ ପାଉଣ୍ଡାଲ (Poundal) — ଏକ ପାଉଣ୍ଡାଲ ବଳ ଏକ ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକ ଫୁଟ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

(ଖ) ଏହି ପରମ ଏକକ (Absolute unit) ବ୍ୟତୀତ **ମହାକର୍ଷ ଏକକ** (Gravitational unit) ନାମରେ ବଳର ଆଉ ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଏକକ ଅଛି । ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁକୁ ପୃଥିବୀ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ । ଏହାକୁ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ (Gravity) କହନ୍ତି । ଏହି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ଯୋଗୁଁ ଗଛରୁ ଫଳ, ପତ୍ର ଇତ୍ୟାଦି ତଳକୁ ଖସେ । ଉପରକୁ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଫୋପାଡ଼ିଲେ ତାହା ତଳକୁ ଫେରି ଆସେ । ଯେଉଁ ବଳଦ୍ୱାରା ପୃଥିବୀ କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ ତାହାହିଁ ବସ୍ତୁର **ଓଜନ ବା ଗୁରୁତ୍ୱ** (Weight) । ସେଥିପାଇଁ ବସ୍ତୁର ଓଜନ ବା ଗୁରୁତ୍ୱ ହେଲା ବସ୍ତୁ ପ୍ରତି ପ୍ରଯୁକ୍ତ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ । କୌଣସି ବସ୍ତୁ ତଳକୁ ଖସିବା ସମୟରେ ତହିଁରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଜନିତ ତ୍ୱରଣ (acceleration due to gravity) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ସ୍ଥାନ ବିଶେଷରେ ଏହି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣରେ ପ୍ରଭେଦ ଦେଖାଯାଏ । ପରେ ଏହି ବିଷୟରେ ବିଶଦ୍ ଭାବରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି ।

ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯଦି m ହୁଏ ଏବଂ ସ୍ଥାନୀୟ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ ଯଦି g ହୁଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁର ଓଜନ ବା ଗୁରୁତ୍ୱ $w=mg$; $P=mf$ ସୂତ୍ର ଅନୁସାରେ ମହାକର୍ଷ ଏକକ ବଳ=ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଓଜନ । ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ଏକ **ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ** (1 gm. wt.) ବଳର ମହାକର୍ଷ ଏକକ ।

ଏକ ଗ୍ରାମ ଓଜନ $=m\times g=1\times g=g$ ଡାଇନ୍, ତେଣୁ m ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ$=mg$ ଡାଇନ୍ । ସ୍ଥାନବିଶେଷରେ g ର ମାନ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିବାରୁ ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନର ମାନ ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ବିଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ ।

ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ g ର ହାରାହାରି ମାନ=980 ସେ:ମି: ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡରେ ।

ଅତଏବ ଏକ ଗ୍ରାମ୍-ଓଜନ=980 ଡାଇନ । ଏଫ. ପି. ଏସ୍. ପଦ୍ଧତିରେ ଏକ **ପାଉଣ୍ଡ-ଓଜନ** (1 lb. wt.) ବଳର ମହାକର୍ଷ ଏକକ ।

ଏକ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ $=m\times g=1\times g=g$ ପାଉଣ୍ଡାଲ୍,
ତେଣୁ m ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ$=mg$ ପାଉଣ୍ଡାଲ୍ । ଏଫ୍. ପି. ଏସ୍. ପଦ୍ଧତିରେ g ର ହାରାହାରି ମାନ=32·2 ଫୁଟ ପ୍ରତିବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡରେ ।

ଅତଏବ ଏକ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ=32·2 ପାଉଣ୍ଡାଲ୍ ।

ମେଟ୍ରିକ ଓ ଏଫ୍. ପି. ଏସ. ଉଭୟ ପଦ୍ଧତିରେ ଆମେ ଦେଖିଲୁ ଯେ,

ଏକ ମହାକର୍ଷ ଏକକ ବଳ=g×ଏକ ପରମ ଏକକ ବଳ

ଅବଶ୍ୟ ପଦ୍ଧତି ଅନୁଯାୟୀ g ର ମାନ ସ୍ଥିର ହୁଏ । g ର ମାନ ସ୍ଥାନବିଶେଷରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିବାରୁ ବଳର ମହାକର୍ଷ ଏକକର ମାନ ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ ।

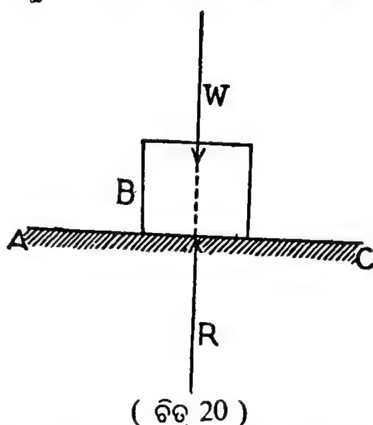
5.4 ବଳ ସୂଚନା ପଦ୍ଧତି (Representation of a force) :

ବଳ ଏକ ଭେକଟର । କୌଣସି ବଳର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଧାରଣା ପାଇବାକୁ ହେଲେ ତିନୋଟି ବିଷୟ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । (1) ବଳର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁ (Point of application), (2) ବଳର ମାନ (magnitude) ଓ (3) ତାହାର କ୍ରିୟାର ଦିଗ (direction) ।

ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଭେକ୍ଟର ପରି ବଳ ମଧ୍ୟ ସରଳରେଖାଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୋଇଥାଏ । ସରଳରେଖାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବଳର ମାନ ଆନୁପାତିକ ହୁଏ ଏବଂ ସରଳରେଖା ଉପରେ ତୀରଚିହ୍ନଦ୍ୱାରା ବଳର କ୍ରିୟାର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରାଯାଏ ।

5.5 ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମ :

ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ରିୟାର ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଥାଏ । ଏଠାରେ କ୍ରିୟା ଅର୍ଥ କ୍ରିୟା—ବଳ, ସେହିପରି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଅର୍ଥ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା—ବଳ । ଯଦି ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ, ତେବେ ଦ୍ୱିତୀୟ ବସ୍ତୁଟି ପ୍ରଥମ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିଥାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟ ବସ୍ତୁଟି ପ୍ରଥମ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଯେଉଁ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ତାହାକୁ ଦ୍ୱିତୀୟ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା (Reaction) କହନ୍ତି । ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାର କଥା ଯେ କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ମନେକର AC ଟେବୁଲ ଉପରେ ଖଣ୍ଡେ ବହି B ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛି । (ଚିତ୍ର20) ଏଠାରେ ବହିଟିର ଓଜନ W ଟେବୁଲ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଅଛି । କେବଳ ଯଦି ଏହି ବଳଟି କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥାଆନ୍ତା ତେବେ ବହିଟି କେବେହେଲେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଟେବୁଲ ଉପରେ ରହି ପାରନ୍ତା ନାହିଁ । ଏହି ବଳ ଫଳରେ ଦୃଢ଼ ଟେବୁଲଟି ମଧ୍ୟ ସମମାନର ଏକ ପ୍ରତିବଳ R ସୃଷ୍ଟି କରେ । R ସିଧା ଭାବରେ ଉପର ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । R ଓ W ବଳ ଦୁଇଟି ସମମାନର କିନ୍ତୁ ବିପରୀତମୁଖୀ ଏବଂ ଏକ ସରଳରେଖାରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବାରୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ସାମ୍ୟ ରକ୍ଷାକରି ଥାଆନ୍ତି । ଏହି ଦୁଇଟି ବଳ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ବଳର କ୍ରିୟା ନ ଥିବାରୁ ବହିଟି ସ୍ଥିରଭବରେ ଟେବୁଲ ଉପରେ ରହେ । ଏଠାରେ ମଧ୍ୟ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାର କଥା ଯେ କ୍ରିୟା ଅର୍ଥାତ୍ ବହିର ଓଜନ ଟେବୁଲ ଉପରେ ଓ ଟେବୁଲର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବହି ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ବଳ ସର୍ବଦା ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତମୁଖୀ ବଳ ସହିତ ସହାବସ୍ଥାନ କରେ । କୌଣସି ବଳ ଏକାକୀ ରହିପାରେ ନାହିଁ ।



(ଚିତ୍ର 20)

ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରଶ୍ନ ଉଠିପାରେ ଯେ ଯଦି କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସର୍ବଦା ସମାନ ଓ ବିପରୀତ-ମୁଖୀ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ଗଛରୁ ଫଳ କାହିଁକି ତଳକୁ ପଡ଼େ ? ପୃଥିବୀ କାହିଁକି ଫଳ ନିକଟକୁ ଯାଏ ନାହିଁ ? ନିଉଟନଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ପୃଥିବୀ ଫଳକୁ ଯେଉଁ ବଳରେ ଆକର୍ଷଣ କରେ ଫଳଟି ମଧ୍ୟ ପୃଥିବୀକୁ ସେହି ବଳରେ ଆକର୍ଷଣ କରିଥାଏ । ପୃଥିବୀର ଆକର୍ଷଣ ଫଳ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ଫଳର ଆକର୍ଷଣ ପୃଥିବୀ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୁଏ । ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅତ୍ୟଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ସେହି ବଳଦ୍ୱାରା ପୃଥିବୀକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇବା ସମ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ; କିନ୍ତୁ ଫଳଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହା ପଥିବୀର ଆକର୍ଷଣ ଫଳରେ ଅଧିକ ଗତି ଲଭ କରେ ଓ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠକୁ ଖସି ପଡ଼େ ।

5.6 ସରଳ ରୈଖିକ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ (Principle of Conservation of linear momentum) :

ନିୟମ :

"ଯଦି ଦୁଇ ବା ଅଧିକ ବସ୍ତୁ କେବଳ ସେମାନଙ୍କର କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଫଳରେ ଗତି କରୁଥାଆନ୍ତି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉ ନ ଥାଏ, ତେବେ ଯେକୌଣସି ଦିଗରେ ସେମାନଙ୍କର ସଂବେଗର ସମଷ୍ଟି ସର୍ବଦା ସମାନ ରହେ ।"

ମନେକର A ଓ B ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟି ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଫଳରେ ଗତି କରୁଛନ୍ତି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇ ନାହିଁ । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ଅନୁସାରେ B ଉପରେ A ର କ୍ରିୟା, A ଉପରେ B ର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସହିତ ସର୍ବଦା ସମାନ । ତେଣୁ A ର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ Bର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ପରିବର୍ତ୍ତନର ମାନ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମାନ । ଅର୍ଥାତ୍ ଯେ କୌଣସି ସମୟରେ ଓ ଯେ କୌଣସି ଦିଗରେ ସେମାନଙ୍କର ସଂବେଗର ସମଷ୍ଟି ସମାନ ।

ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟାଇବା ସମୟରେ ବନ୍ଧୁକରୁ ଗୁଳି ତୀବ୍ର ବେଗରେ ବାହାରିଯିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବନ୍ଧୁକଟିର ମଧ୍ୟ ପଶ୍ଚାତ୍ ଗତି (Recoil) ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟାଇବା ସମୟରେ ସାବଧାନ ନ ହେଲେ ବନ୍ଧୁକର ଏହି ପଶ୍ଚାତ୍ ଗତି (Recoil) ଫଳରେ ଦୁର୍ଘଟଣା ଘଟିପାରେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗୁଳିର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ, ବନ୍ଧୁକର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ହୋଇଥାଏ କିନ୍ତୁ ପରିବର୍ତ୍ତନର ମାନ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମାନ ରହେ ।

ମନେକର, ଗୁଳିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= m$
ଓ ବନ୍ଧୁକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= M$

ମନେକର ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟାଇବା ସମୟରେ ଗୁଳିଟି v ପରିବେଗରେ ଗତି କରେ ଏବଂ ବନ୍ଧୁକର ପଶ୍ଚାତ୍ ଗତି ପରିବେଗ $= V$, ତେବେ ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ର ଅନୁସାରେ

$$m(v-0) = M(V-0)$$

ବା $mv = MV$

5.7 ଆବେଗୀ ବଳ (Impulsive Force) :

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଅତ୍ୟଧିକ ମାନର ଏକ ବଳ ଅତି ଅଳ୍ପ ସମୟପାଇଁ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ସେହି ବଳକୁ **ଆବେଗୀ ବଳ** (Impulsive Force) କୁହାଯାଏ । କଣ୍ଟାକୁ ହାତୁଡ଼ିରେ ପିଟିବା ସମୟରେ ଏହିପରି ଏକ ଆବେଗୀ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ ।

ମନେକର କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ P ର ମାନ ଅତ୍ୟଧିକ ଏବଂ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଏହାର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ସମୟ ଅତି ଅଳ୍ପ । ଏପରି ସ୍ଥଳରେ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କମ୍ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରହେ । ବସ୍ତୁ ଉପରେ କୌଣସି ବଳର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବିଷୟରେ ଠିକ ଧାରଣା ପାଇବାପାଇଁ ଉକ୍ତ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ତାହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥିତି ଏବଂ ଗତି ଜାଣିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବା ପରେ ତାହାର

ଅନ୍ତିମ ଅବସ୍ଥିତି ଓ ଗତି ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ; ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର କ୍ରିୟା ଫଳରେ ବସ୍ତୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି ଓ ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଜଣାଥିଲେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବଳର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବିଷୟରେ ସଠିକ ଧାରଣା କରି ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କୌଣସି ଆବେଗୀ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ବସ୍ତୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି ଅତି ଅଳ୍ପ ହେଉଥିବାରୁ ଧର୍ତ୍ତବ୍ୟ ନୁହେଁ । କେବଳ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନରୁ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଆବେଗୀ ବଳର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ଜଣାପଡ଼େ ।

ମନେକର m ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ଏହା ଉପରେ P ବଳ ଅତି ଅଳ୍ପ ସମୟ t ପାଇଁ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲା ।

ଯଦି P ର ମାନ ଅତ୍ୟଧିକ ହୁଏ ଏବଂ ବସ୍ତୁ ଉପରେ f ତ୍ୱରଣ ହୋଇ ବସ୍ତୁର ଅନ୍ତିମ ବେଗ V ହୁଏ, ତେବେ—

$$V = ft \quad [\text{କାରଣ } U = 0]$$

$$\text{ବା } f = \frac{V}{t}$$

$$P = mf$$

$$\text{ବା } P = m\frac{V}{t}$$

$$\therefore Pt = mV = \text{ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ}$$

ବଳର ମାନ ଓ ତାହାର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ସମୟର ଗୁଣଫଳକୁ **ବଳର ଆବେଗ** (Impulse of a force) କୁହାଯାଏ ।

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବଳ ଅତି ଅଳ୍ପ ସମୟପାଇଁ ପ୍ରଯୁକ୍ତହେଲେ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନହିଁ ବଳର ଆବେଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ ।

ଉଦାହରଣ :

1. ଗୋଟିଏ ବଳ 10 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ 10 ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବାରୁ ତହିଁରେ 50 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ପରିବେଗ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବଳର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବେଗ $u = 0$
ଓ ଅନ୍ତିମ ବେଗ $v = 50$ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ
ସମୟ $t = 10$ ସେକେଣ୍ଡ
ବସ୍ତୁତ୍ୱ $m = 10$ ଗ୍ରାମ୍

ମନେକର, ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ $= P$
$v = u + ft$ ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କଲେ
ଆମେ ପାଇବା $50 = 0 + f \times 10$ [f = ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ]
ବା $f = 5$ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡରେ
ବର୍ତ୍ତମାନ $P = mf$ ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କଲେ
ଆମେ ପାଇବା $P = 10 \times 5 = 50$ ଡାଇନ୍
$\therefore$ ବଳର ମାନ $= 50$ ଡାଇନ୍ । (ଉତ୍ତର)

2. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ଗତି ଆରମ୍ଭ କଲା । 10 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ତାହାର ସଂବେଗ 2000 ଗ୍ରାମ୍/ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ବସ୍ତୁର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବେଗ $= u = 0$

ତେଣୁ ବସ୍ତୁର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସଂବେଗ $= 0$

କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁର ଅନ୍ତିମ ସଂବେଗ $= 2000$ ଗ୍ରାମ୍ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ

ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ $= 2000 - 0 = 2000$

ସମୟ $t = 10$ ସେକେଣ୍ଡ

ସଂବେଗର ଅନ୍ତର ହାର $= \frac{2000}{10} = 200$

ଏହା ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ସହିତ ସମାନ

ତେଣୁ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର ମାନ $= 200$ ଡାଇନ୍ । (ଉତ୍ତର)

ସାରାଂଶ

ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଗତି ନିୟମାବଳୀ :

ପ୍ରଥମ ନିୟମ—ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ନ ହେବା ଯାଏ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ତା'ର ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେ ଅଥବା ସରଳରେଖିକ ସମଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେ ରହେ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ—ସଂବେଗର ଅନ୍ତର ହାର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର ସମାନୁପାତୀ ଓ ଏହା ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଦିଗରେହିଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ।

ତୃତୀୟ ନିୟମ—ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ରିୟାର ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଅଛି ।

ପ୍ରଥମ ନିୟମଟି ଜଡ଼ ପଦାର୍ଥର ଧର୍ମ ବିଷୟରେ ସୂଚନା ଦେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବଳର ସମ୍ୟକ୍ ଧାରଣା ଦେଇଥାଏ ।

ଯାହା କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେ ଅଁଥବା ସରଳରୈଖିକ ସମଗତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆଣେ ବା ଆଣିବାର ଉପକ୍ରମ କରେ, ତାହାକୁ ବଳ କହନ୍ତି ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ବଳର ପରିମାପ ବିଷୟରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଦେଇଥାଏ । ଏହି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ବଳର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇପାରେ । ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ପରିବେଗର ଗୁଣଫଳକୁ ସଂବେଗ କହନ୍ତି ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଗତି ନିୟମାବଳୀ ଲେଖ । ପ୍ରଥମ ନିୟମଟିରୁ କିପରି ବଳର ସଂଜ୍ଞା ଜଣାପଡ଼େ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମରୁ କିପରି ବଳର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟକରି ହୁଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

2. 50 ଟନ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଟ୍ରେନ୍ ଘଣ୍ଟାରେ 60 ମାଇଲ ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । କେତେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତାହାକୁ 484 ଫୁଟ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣି ହେବ ? [ଏକ ଟନ=2240 ପାଉଣ୍ଡ] (ଉ: 896000 ପାଉଣ୍ଡାଲ୍) ।

3. 4 ଟନ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତୋପରୁ ଗୁଳି 1120 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ପରିବେଗରେ ବାହାରିଗଲା । ଗୁଳିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 16 ପାଉଣ୍ଡ ହେଲେ ତୋପର ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗତିର ପରିବେଗ କେତେ ? (ଉ: 2 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

4. ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ କ'ଣ? ଏହି ନିୟମ ସାହାଯ୍ୟରେ ବଳ କିପରି ମପାଯାଇ ପାରିବ ? ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ବଳର ଏକକ କଣ ?

5. ଘଣ୍ଟାକୁ 15 ମାଇଲ ବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା 3 ଟନ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଟ୍ରକକୁ 10 ଗଜ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣିବାପାଇଁ କେତେ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ? (ଉ: 54208 ପାଉଣ୍ଡାଲ୍)

6. ସାଇକଲ ସହ ଚାଳକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 190 ପାଉଣ୍ଡ । ଏକ ସମତଳ ରାସ୍ତାରେ ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 10 ମାଇଲ ବେଗରେ ସାଇକଲ୍‌ଟି ଗତି କରୁଥିବା ସମୟରେ ଚାଳକ ପେଡେଲ୍ କରିବା ବନ୍ଦ କରି ଦେଲା । ସାଇକଲ୍‌ଟି ଯଦି 200 ଗଜ ଯାଇ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସେ, ଗତି ପ୍ରତିରୋଧ ବଳର ହାରହାରି ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 34·06 ପାଉଣ୍ଡାଲ୍)

7. ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 15 ମାଇଲ ବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା 12 ଟନ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଟ୍ରେନ୍‌ର ସଂବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । 4 ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଟ୍ରେନ୍‌ଟିର ବେଗ ଯଦି ଘଣ୍ଟା-ପ୍ରତି 12 ମାଇଲକୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ଗତି ପ୍ରତିରୋଧ ବଳର ହାରହାରି ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 264 ଟନ/ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ; 0.4099 ଟନ୍ ଓଜନ)

8. 20 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର 10 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ସମୟରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ହେଲା । ବିସ୍ଫୋରଣ ଫଳରେ ଏହା 15 ପାଉଣ୍ଡ ଓ 5 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହେଲା । ବିସ୍ଫୋରଣ ଯୋଗୁଁ ପ୍ରଥମ ଭାଗଟି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିଥିଲେ ଦ୍ୱିତୀୟ ଭାଗଟିର ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: 40 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

9. 16 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ବଳ 3 ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲାପରେ, ବଳର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବନ୍ଦ ହୋଇଗଲା । ପରବର୍ତ୍ତୀ 3 ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁଟି 81 ଫୁଟ ଗତି କରିଥିଲେ ବଳର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: 144 ପାଉଣ୍ଡାଲ)

10. 30 ପାଉଣ୍ଡ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ ଫଳରେ ତିନୋଟି ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହେଲା । ତିନୋଟି ଭାଗର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 5, 12 ଓ 13 ପାଉଣ୍ଡ ଏବଂ ସେଗୁଡ଼ିକ ଯଥାକ୍ରମେ ସେକେଣ୍ଡପ୍ରତି 500, 380 ଓ 200 ଫୁଟ ପରିବେଗରେ ଏକ ସରଳ ରେଖାରେ ସମଦିଗରେ ଗତି କରିଥିଲେ ବୋମାଟିର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ କେତେ ଥିଲା ?
(ଉ: 322 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

ଷଷ୍ଠ ଅଧ୍ୟାୟ

ବଳର ସଂଯୋଜନ ଓ ବିଯୋଜନ, ସମାନ୍ତର ବଳ ଏବଂ ଯୁଗଳ

Composition and resolution of forces, Parallel forces and couple

6.1 ବଳର ସଂଯୋଜନ (Composition of Forces) :

ତୃତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟର 3.5 ଓ 3.6 ଅନୁଚ୍ଛେଦରେ ଭେକ୍‌ଟରର ସଂଯୋଜନ ଓ ବିଯୋଜନ ବିଷୟ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଅଛି । ବଳ ଗୋଟିଏ ଭେକ୍‌ଟର ହୋଇଥିବାରୁ ଉକ୍ତ ପଦ୍ଧତି ମଧ୍ୟ ବଳକ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ । ଭେକଟରର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ବଳଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନ କରାଯାଏ । ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଦୁଇଟି ବଳ ଯଦି ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ ଏକ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର ଦୁଇ ସନ୍ନିହିତ ବାହୁଦ୍ୱାରା ଉଭୟ ମାନ ଓ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୁଏ, ତେବେ ଉକ୍ତ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ କର୍ଣ୍ଣ ବଳ ଦୁଇଟିର ପରିଣାମୀ (resultant) ର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ । ଏହାକୁ **ବଳର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ** (Law of parallelogram of forces) କହନ୍ତି । ଏହି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ବଳଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନ ହୋଇଥାଏ ।

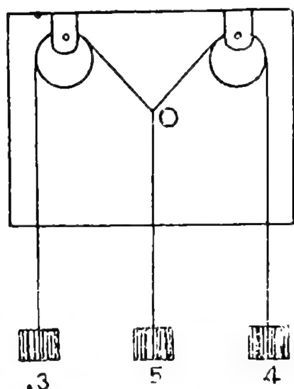
ମନେକର କୌଣସି ବସ୍ତୁର O ବିନ୍ଦୁରେ (ଚିତ୍ର 12) P ଓ Q ଦୁଇଟି ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଅଛି । OA ଓ OB ସରଳରେଖାଦ୍ୱାରା ବଳ ଦୁଇଟି ସୂଚିତ ହୋଇଛି । ତେବେ OACB ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର କର୍ଣ୍ଣ OC ମାନ ଓ ଦିଗରେ ଉକ୍ତ ବଳ ଦୁଇଟିର ପରିଣାମୀ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ ।

6.2 ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ବଳର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ (Experimental verification of law of parallelogram of forces) :

ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ବଳର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଭାବରେ ପ୍ରମାଣ କରାଯାଇପାରେ :

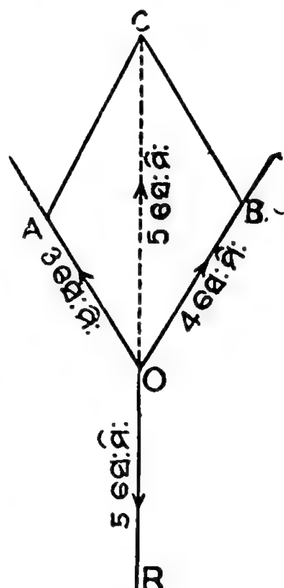
ଗୋଟିଏ ଡ୍ରଇଁପଟା ଉପରେ ଖଣ୍ଡିଏ ଧଳାକାଗଜ ବିଛାଇ ତାକୁ ଅଠା ବା ପିନ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ପଟା ସହିତ ଲଗି ରଖାଯାଏ । ଚିତ୍ର 21 (a) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲପରି ପଟା ସହିତ ଦୁଇଟି ପୁଲି (pulley) ଖଞ୍ଜାଯାଏ । ତିନିଖଣ୍ଡି ସୂତା ନେଇ ସେମାନଙ୍କର ତିନି ମୁଣ୍ଡକୁ ଏକାଠିକରି ଗୋଟିଏ ଗଣ୍ଠି (ଚିତ୍ରରେ O) ପକାଯାଏ । ସୂତାଗୁଡ଼ିକର ଅନ୍ୟ ତିନୋଟି ମୁଣ୍ଡରେ ତିନୋଟି ଓଜନ ଝୁଲାଯାଏ । ଓଜନଗୁଡ଼ିକ ଏପରି ହେବା ଦରକାର ଯେପରିକି ଯେକୌଣସି ଦୁଇଟି ଓଜନ ମିଶି ତୃତୀୟ ଓଜନଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ । ମନେକର ଓଜନ ତିନୋଟି 3 ଗ୍ରାମ୍, 4 ଗ୍ରାମ୍ ଓ 5 ଗ୍ରାମ୍ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଦୁଇଟି ସୂତାକୁ

ପୁଲି ଦୁଇଟି ଉପର ଦେଇ ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ । ଚିତ୍ର 21 (a)ରେ 3 ଗ୍ରାମ୍ ଓ 4 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ ଝୁଲ ହୋଇଥିବା ସୂତା ଦୁଇଟି ପୁଲି ଉପର ଦେଇ ଯାଇଛି । ତୃତୀୟ ଓଜନକୁ (ଚିତ୍ରରେ 5 ଗ୍ରାମ୍) ସିଧାଭାବରେ ତଳକୁ ଝୁଲାଯାଇଛି । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ O ଗଣ୍ଠିଟି ସ୍ଥିର ଭାବରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରେ ରହେ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପେନ୍‌ସିଲ ସାହାଯ୍ୟରେ କାଗଜ ଉପରେ ସୂତା ତିନୋଟିର ଅବସ୍ଥାନ ଚିହ୍ନିତ କରାଯାଏ । ତତ୍‌ପରେ କାଗଜଟିକୁ ବାହାରକୁ ଆଣି ସୂତାଗୁଡ଼ିକର ଅବସ୍ଥାନ କାଗଜ ଉପରେ ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ଟାଣିବା ଦରକାର । ସରଳରେଖା ତିନୋଟି O ବିନ୍ଦୁରେ ମିଳିତ ହେବ । ଏହି ତିନୋଟି ସରଳରେଖା ବଳ ତିନୋଟିକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ । ଏଠାରେ ଓଜନଗୁଡ଼ିକ ବଳର ମାନ । ବଳ ତିନୋଟିର ମାନକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବାପାଇଁ ସୁବିଧାନୁଯାୟୀ ସରଳରେଖା ତିନୋଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ ।



[ଚିତ୍ର 21 (a)]

ମନେକର ଏକ ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ସରଳରେଖା ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ । ସେହି ଅନୁପାତରେ 3,4 ଓ 5 ଗାମ୍–ଓଜନ ବଳଗୁଡିକ ପାଇଁ O ବିନ୍ଦୁରୁ ସରଳରେଖା ତିନୋଟିରୁ ଯଥାକ୍ରମେ 3 ସେ:ମି:, 4 ସେ:ମି: ଓ 5 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିଆଯିବ । ବର୍ତ୍ତମାନ OACB ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ (ଚିତ୍ର 21 (b)) ଅଙ୍କନ କଲେ କର୍ଣ୍ଣ OC ଟି OR ସରଳରେଖା ସହିତ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ରହିବ ଏବଂ OC ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 5 ସେ:ମି: ହେବ । 3, 4 ଓ 5 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନର ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବା ଫଳରେ O ଗଣ୍ଠିଟି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ତେଣୁ 3 ଓ 4 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ ବଳ ଦୁଇଟିର ପରିଣାମୀ–ବଳର ମାନ ତୃତୀୟ ବଳ ଅର୍ଥାତ୍ 5 ଗ୍ରାମ୍–ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତାହାର ଠିକ୍ ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ । ସୁତରାଂ ଏଠାରେ OC ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳ OR ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ । ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ଅନୁପାତ ଅନୁଯାୟୀ OC ମଧ୍ୟ 5 ଗ୍ରାମ୍–ଓଜନ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ । ବଳର ସାମାନ୍ତରିକ ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ ଅନୁସରଣରେ ପ୍ରାପ୍ତ OC, 3 ଓ 4 ଗ୍ରାମ୍–ଓଜନ ବଳ ଦ୍ୱୟର ପରିଣାମୀ ସୂଚିତ କରୁଥିବାରୁ ଏହାଦ୍ୱାରା ଉକ୍ତ ନିୟମଟି ପ୍ରମାଣିତ ହେଲା ।



(ଚିତ୍ର 21 b)

6.3 ବଳର ବିଯୋଜନ (Resolution of forces) :

ତୃତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟର 3.6 ଅନୁଚ୍ଛେଦରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ ଭେକ୍ଟର୍‌ର ବିଯୋଜନ ପଦ୍ଧତି ଅନୁଯାୟୀ ବଳର ବିଯୋଜନ ହୋଇଥାଏ । ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରେ କ୍ରିୟାରତ ଦୁଇଟି

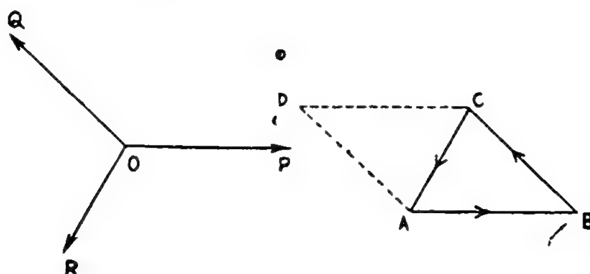
ବଳକୁ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମାନୁସାରେ ସଂଯୋଜିତ କରି ସେମାନଙ୍କର ଗୋଟିଏ ପରିଣାମୀ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହାର ବିପରୀତ ରୀତିରେ ଗୋଟିଏ ବଳକୁ ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରେ ଆଂଶିକ ବଳରେ ବିୟୋଜନ କରି ହୁଏ । ଏଥିପାଇଁ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ସରଳରେଖାକୁ କର୍ଣ୍ଣ କରି ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ । ବଳର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁରେ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର ଯେଉଁ ଦୁଇଟି ସନ୍ନିହିତ ବାହୁ ମିଳିତ ହୁଅନ୍ତି, ସେମାନେ ବଳର ଦୁଇ ବିଭକ୍ତାଂଶର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରନ୍ତି । ବିୟୋଜନର ଦିଗ ଦୁଇଟି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହେଲେ ପ୍ରଦତ୍ତ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ସରଳରେଖାଟିକୁ କର୍ଣ୍ଣ କରି କେବଳ ଗୋଟିଏ ମାତ୍ର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ଅଙ୍କିତ ହୋଇପାରେ । ଫଳରେ ବଳର ବିଭକ୍ତାଂଶ ଦୁଇଟି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୁଏ । ପୁନଶ୍ଚ ବିଭକ୍ତାଂଶ ଦୁଇଟି ପରସ୍ପର ପ୍ରତିଲମ୍ବ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସହଜ ହୋଇଥାଏ । କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ବଳର ବିଭକ୍ତାଂଶ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ, ଉକ୍ତ ବଳର ମାନ ସହିତ ସେହି ଦିଗ ଓ ବଳର ଦିଗର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣର କୋସାଇନ୍ (Cosine) ଗୁଣନ କରିବାକୁ ହୁଏ ।

6.4 ବଳର ସାମ୍ୟ (Equilibrium of forces) :

ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଏକାଧିକ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବା ସତ୍ତ୍ୱେ ବସ୍ତୁଟି ଯଦି ସ୍ଥିରରହେ, ତେବେ ବଳଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ସାମ୍ୟ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ବଳ ସାମ୍ୟ ନିମିତ୍ତ ଅନ୍ତତଃ ଦୁଇଟି ବଳର ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ । ସମମାନର ଦୁଇଟି ବଳ ଏକ ସରଳରେଖାରେ, କିନ୍ତୁ ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସାମ୍ୟ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ । ତିନୋଟି ବଳ ସାମ୍ୟ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ବଳର ପରିଣାମୀ ତୃତୀୟ ବଳ ସହିତ ସମାନ ଏବଂ ବିପରୀତ ମୁଖୀ ହେବ । ଉପରୋକ୍ତ ପରିକ୍ଷାରେ ଏହା ପ୍ରମାଣିତ ହୋଇଅଛି ।

6.5 ବଳ-ତ୍ରିକୋଣ ନିୟମ (Triangle of forces) :

ସଂଜ୍ଞା— "ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ତିନୋଟି ବଳ ଯଦି ଏକ ତ୍ରିଭୁଜର ତିନୋଟି ବାହୁଦ୍ୱାରା କ୍ରମାନୁସାରେ ଉଭୟ ମାନ ଓ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୋଇପାରେ, ତେବେ ଉକ୍ତ ବଳ ତିନୋଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହେ ।"



(ଚିତ୍ର 22 ଘ)

ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାର କଥା ଯେ, ବଳ ତିନୋଟି ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ; ତ୍ରିଭୁଜର ବାହୁଗୁଡ଼ିକ ଟଣାହେଲାପରି କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏନାହିଁ, ବଳ ଗୁଡ଼ିକ କେବଳ ତ୍ରିଭୁଜର ବାହୁ ଗୁଡିକ ଦ୍ୱାରା କ୍ରମାନୁସାରେ ଉଭୟ ମାନ ଓ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୋଇଥାଏ ।

ମନେକର P,Q, ଓ R ବଳ ତିନୋଟି O ବିନ୍ଦୁରେ ଏପରି ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଅଛି ଯେ ସେଗୁଡ଼ିକ ଯଥାକ୍ରମେ ABC ତ୍ରିଭୁଜର ବାହୁ ତିନୋଟି AB, BC ଓ CA ଦ୍ୱାରା ଉଭୟ ମାନ ଓ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୋଇପାରେ (ଚିତ୍ର 22 a) । ବଳ ତ୍ରିକୋଣ ନିୟମାନୁଯାୟୀ ଉକ୍ତ ବଳ ତିନୋଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହିବ ।

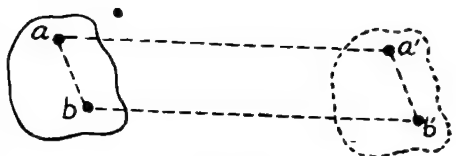
ପ୍ରମାଣ—ABCD ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ଅଙ୍କନ କରାଯାଉ । BC, AD ସହିତ ସମାନ ଓ ସମାନ୍ତର ହୋଇଥିବାରୁ ଉଭୟଙ୍କଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳ ମଧ୍ୟ ସମାନ ହେବ । ବଳର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମାନୁଯାୟୀ AB ଓ AD ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳ ଦୁଇଟିର ପରିଣାମୀ ଉଭୟ ମାନ ଓ ଦିଗରେ AC ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହେବ । ସୁତରାଂ AB, BC ଓ CA ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳ ଗୁଡ଼ିକର ପରିଣାମୀ AC ଓ CA ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳ ଦ୍ୱୟର ପରିଣାମୀ ସହିତ ସମାନ ହେବ; କିନ୍ତୁ AC ଓ CA ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳ ଦ୍ୱୟର ପରିଣାମୀ ଶୂନ୍ୟ (Zero) ହୋଇଥିବାରୁ, AB, BC ଓ CA ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳ ତିନୋଟିର ପରିଣାମୀ ମଧ୍ୟ ଶୂନ୍ୟ ହେବ । ଅର୍ଥାତ୍ ବଳ ତିନୋଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହିବ ।

ବଳ ତ୍ରିକୋଣ ନିୟମର ବିପରୀତ (Converse) ନିୟମଟିର ମଧ୍ୟ ସତ୍ୟତା ଉପଲବ୍ଧି କରାଯାଇଅଛି । "ଯଦି ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ତିନୋଟି ବଳ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହେ, ତେବେ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଗୋଟିଏ ତ୍ରିଭୁଜର ତିନୋଟି ବାହୁଦ୍ୱାରା କ୍ରମାନୁସାରେ ଉଭୟ ମାନ ଓ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କରାଯାଇପାରେ ।"

6·6 ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Moment of a force) ;

ଗତି ଦୁଇପ୍ରକାର—ଚଳନ ଗତି (Translatory motion) ଓ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଗତି (Rotatory motion) ଚଳନ ଗତି ସମୟରେ ବସ୍ତୁର ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖା ବସ୍ତୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅବସ୍ଥାନରେ ସମାନ୍ତରାଳ ରହେ । ଚିତ୍ର 22 (b)ରେ ଚଳନ ଗତିର ଉଦାହରଣ ଦିଆଯାଇଅଛି ।

ଏଠାରେ a ଓ b ବସ୍ତୁର ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁ । ଏହି ବିନ୍ଦୁ ଦୁଇଟିକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖା ab ଗତି କାଳରେ ବସ୍ତୁର ଏକ ନୂତନ ଅବସ୍ଥାନରେ ସେହି ଦୁଇବିନ୍ଦୁ ଯୋଗକାରୀ ସରଳରେଖା a′b′ ସହିତ ସମାନ୍ତର; ଏବଂ a ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱାରା ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ aa′, b ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱାରା ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ bb′ ସହିତ ସମାନ । ଚଳନ ଗତି ସମୟରେ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତ୍ୟେକଟି କଣିକା ସମଭାବରେ ସରଳରେଖାରେ ଗତି କରେ । ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟାଇବା ସମୟରେ ଗୁଳିର ଚଳନଗତି ହୋଇଥାଏ । ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଗତିରେ ଘୂରୁଥିବା ବସ୍ତୁଟିର ପ୍ରତି କଣା ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁ ବା 'ଅକ୍ଷ'ର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ବର୍ତ୍ତୁଳ ପଥରେ ଘୂରେ । ଅଖ ଘୂରିପାଖରେ ଚକ ଘୂରିବା, ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ପଥରକୁ ଦୌଡ଼ିରେ ବାନ୍ଧି ହାତରେ ବୁଲାଇବା ଇତ୍ୟାଦି ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଗତିର ଉଦାହରଣ ।

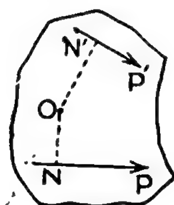


(ଚିତ୍ର 22 b)

। ଚଳନ ଗତି ଓ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଗତି ବ୍ୟତୀତ କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁର ଗତି ମିଶ୍ର ବା ଜଟିଳ ହୋଇଥାଏ । ଗତି ଯେତେ ଜଟିଳ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ତାହା ଚଳନ ଗତି ଓ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଗତିର ସଂଯୋଜନରୁ ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ରାସ୍ତାରେ ଚକଗଡ଼ିବା, ମିଶ୍ରଗତିର ଏକ ଉଦାହରଣ ।

ମନେକର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବା କୌଣସି ଅକ୍ଷରେ ଏପରି ଭାବରେ ଅଟକାଇ ରଖାଯାଇଛି ଯେ ବସ୍ତୁଟିର ଚଳନଗତି ଅସମ୍ଭବ । ବସ୍ତୁର କେବଳ ମାତ୍ର ଘୂର୍ଣ୍ଣନର ସ୍ୱାଧୀନତା ଅଛି । ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କୌଣସି ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ବସ୍ତୁଟି ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ବା ଅକ୍ଷର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରିପାରେ, କିନ୍ତୁ ବଳର ପ୍ରୟୋଗ ଦିଗ ଯଦି ବସ୍ତୁର ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ବା ଅକ୍ଷ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଏ, ତେବେ ତଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ସମ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ । ଘରର ଝରକା କବାଟଗୁଡ଼ିକ କବ୍‌ଜା ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଅକ୍ଷରେ ଅଟକାଇ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଝରକା ଓ କବାଟଗୁଡ଼ିକୁ ଠେଲିଲେ ସେମାନଙ୍କର ଏହିପରି ଗତି ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ କବ୍‌ଜା ଉପରେ ଯେତେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ମଧ୍ୟ ଝରକା ବା କବାଟ ଖୋଲେ ନାହିଁ । ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ଯଦି ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ବା ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରେ, ତେବେ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ବା ଅକ୍ଷରୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବଳରେଖା ଉପରେ ଲମ୍ବ–ଦୂରତ୍ୱକୁ ବଳର ମାନ ସହିତ ଗୁଣନ କଲେ ସେହି ଗୁଣଫଳକୁ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ବା ଅକ୍ଷରେ **ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ** (Moment) କହନ୍ତି । ବଳଟିର ପ୍ରୟୋଗଫଳ ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଦ୍ୱାରା ମାପି ହୁଏ ।

ମନେକର ଗୋଟିଏ ସମତଳ ପାଟିଆକୁ O ବିନ୍ଦୁରେ କଣ୍ଟାସାହାଯ୍ୟରେ ଟେବୁଲ ସହିତ ଆଣ୍ଡି ଦିଆଯାଇଅଛି (ଚିତ୍ର 23) । ଚିତ୍ରରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲାଭଳି P ବଳ ପାଟିଆ ଉପରେ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହେଲେ ପାଟିଆଟି O ବିନ୍ଦୁକୁ କେନ୍ଦ୍ରକରି ଘୂରିବ । ବଳର ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣନକ୍ରିୟା ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଦ୍ୱାରା ମାପି ହୁଏ । ମନେକର O ବିନ୍ଦୁରୁ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ରେଖା P ଉପରେ ON ଲମ୍ବ । $(P \times ON)$ O ବିନ୍ଦୁରେ ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ । ଯଦି $P=0$ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ ବଳର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ନ ରହେ, ତେବେ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ମଧ୍ୟ ଲୋପ ପାଏ । ଯଦି $ON=0$ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ O ବିନ୍ଦୁଦେଇ ବଳ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହୁଏ ତେବେ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ମଧ୍ୟ ଲୋପପାଏ ।



(ଚିତ୍ର 23)

ସୁତରାଂ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ମାନ ଅର୍ଥାତ୍ ବଳର ଘୂର୍ଣ୍ଣନକ୍ରିୟା, ବଳର ମାନ ଓ ତାହାର ଲମ୍ବ-ଦୂରତ୍ୱ ଉଭୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବଳର ମାନ ବା ତାହାର ଲମ୍ବ-ଦୂରତ୍ୱ ଅଥବା ଉଭୟ ବଢ଼ିଲେ ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ବନ୍ଦଥିବା ଝରକା ବା କବାଟ ଖୋଲିବାପାଇଁ ଆମେ ସାଧାରଣତଃ କବ୍‌ଜାଠାରୁ ଦୂରତମ ବିନ୍ଦୁରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିଥାଉଁ । ଏହା ଫଳରେ ଅଳ୍ପ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଦ୍ୱାରା ଝରକା ବା କବାଟ ସହଜରେ ଖୋଲିଯାଏ । କାରଣ ବଳର ମାନ କମ୍ ହେଲେ ମଧ୍ୟ କବ୍‌ଜାଠାରୁ ବଳର ଲମ୍ବ-ଦୂରତ୍ୱ ଅଧିକ ଥିବାରୁ ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ କବ୍‌ଜା ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ଝରକା ବା କବାଟ ଖୋଲିବା ପାଇଁ ଯଥେଷ୍ଟ ବଳର ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ; କାରଣ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ କବ୍‌ଜାଠାରୁ ବଳର ଲମ୍ବ-ଦୂରତ୍ୱ କମିଯାଏ । ତେଣୁ ଆବଶ୍ୟକ ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ପାଇଁ ବଳର ମାନକୁ ବଢ଼ାଇବା ଦରକାର ହୁଏ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାନ ଥିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଦିଗର ମଧ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ରହେ । ତେଣୁ ଏହା ଗୋଟିଏ ଭେକ୍‌ଟର୍ । କୌଣସି ବଳର କ୍ରିୟା ଫଳରେ ବସ୍ତୁର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଯଦି ବାମାବର୍ତ୍ତ ହୁଏ, ତେବେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର

ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଏକ ଯୁକ୍ତରାଶି । କିନ୍ତୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତ ହେଲେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଏକ ବିଯୁକ୍ତରାଶି ରୂପେ ପରିଗଣିତ ହୁଏ । ଚିତ୍ର 23ରେ P ବଳର ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ପାଡିଆଟି ବାମାବର୍ତ୍ତ ହେଉଥିବାରୁ P ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (Positive); କିନ୍ତୁ P′ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ପାଡିଆ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତ ହେଉଥିବାରୁ P′ ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (Negative) ।

6.6 ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସଂକ୍ରାନ୍ତୀୟ କେତୋଟି ନିୟମ :

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିଲେ, କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁ ବା ଅକ୍ଷରେ ପ୍ରତ୍ୟେକଟି ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିର କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ସେଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ କେଉଁଗୁଡ଼ିକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ କେଉଁଗୁଡ଼ିକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଠିକ୍ କରି ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଗୁଡ଼ିକୁ ବୀଜ ଗଣିତର ସାଧାରଣ ନିୟମାନୁଯାୟୀ ଯୋଗକଲେ ପରିଣାମୀ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ମିଳେ ।

କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ସମସ୍ତ ବଳଗୁଡ଼ିକର ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସମୂହର ବୀଜ ଗାଣିତିକ ସମଷ୍ଟି (Algebraic sum) ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ବଳଗୁଡ଼ିକର ପରିଣାମୀ-ବଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସହିତ ସମାନ । ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଯଦି ସାମ୍ୟ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ; ଅର୍ଥାତ୍ ବଳଗୁଡ଼ିକର ସମୂହ କ୍ରିୟା ଫଳରେ ବସ୍ତୁଟି ଯଦି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ରହେ, ତେବେ ଉକ୍ତ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଗୁଡ଼ିକର ଯୋଗଫଳ ଶୂନ୍ୟ ହେବ, କାରଣ ଏପରି ସ୍ଥଳରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କୌଣସି ପରିଣାମୀ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ କ୍ରିୟା କରେ ନାହିଁ । ବିଭିନ୍ନ ବଳର କ୍ରିୟା ଫଳରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ବଳ-ସାମ୍ୟ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିଲେ ଏହାର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବା ଅକ୍ଷରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ସମଷ୍ଟି ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ସମଷ୍ଟି ସଙ୍ଗେ ସମାନ ହୋଇଥାଏ ।

6.7 ସମାନ୍ତର ବଳ (Parallel Forces) :

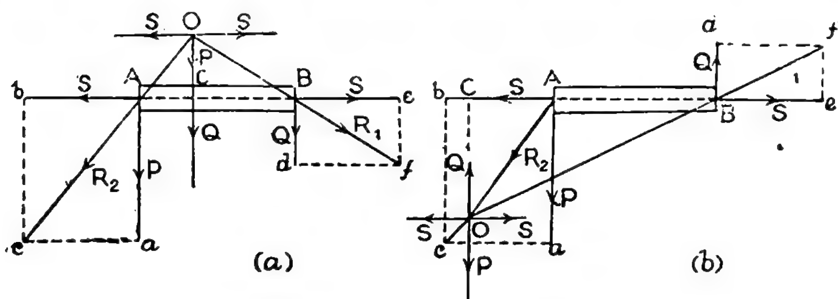
ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମାନ୍ତର ହେଲେ ସେମାନଙ୍କଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳଗୁଡ଼ିକୁ **ସମାନ୍ତର ବଳ** (Parallel forces) କହନ୍ତି । ସମାନ୍ତର ବଳ-ଗୁଡ଼ିକ ସମଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କୁ **ସମମୁଖୀ ସମାନ୍ତର ବଳ** (Like Parallel forces) କହନ୍ତି; କିନ୍ତୁ ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିଲେ ସେମାନଙ୍କୁ **ବିପରୀତମୁଖୀ ସମାନ୍ତର ବଳ** (Unlike Parallel forces) କୁହାଯାଏ ।

6.8 ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତର ବଳର ପରିଣାମୀ (Resultant of two Parallel forces) :

ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପାୟରେ ଦୁଇ ସମମୁଖୀ ବା ଦୁଇ ବିପରୀତମୁଖୀ ସମାନ୍ତର ବଳର ପରିଣାମୀ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇପାରେ । ଚିତ୍ର 24 (a)ଟି ସମମୁଖୀ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏବଂ ଚିତ୍ର 24 (b)ଟି ବିପରୀତମୁଖୀ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦ୍ରଷ୍ଟବ୍ୟ ।

ମନେକର AB ଦଣ୍ଡ ଉପରେ ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତର ବଳ P ଓ Q ଯଥାକ୍ରମେ A ଓ B ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଅଛି । ବଳଦ୍ୱୟ ଦଣ୍ଡସହିତ ଲମ୍ବଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଅଛି । ଦଣ୍ଡର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦିଗରେ ଦୁଇଟି ସମ ମାନର ବିପରୀତମୁଖୀ ବଳ S ଓ S ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ଦଣ୍ଡଟିର ସାମ୍ୟବସ୍ଥାର କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ନାହିଁ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ବଳର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ ଅନୁସାରେ Abca ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ଅଙ୍କନ କରି A ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ P ଓ S ବଳ ଦୁଇଟିର ପରିଣାମୀ R_2 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଉ । ସେହି ରୀତିରେ B ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ Q ଓ S ବଳ ଦୁଇଟିର ପରିଣାମୀ R_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଉ । ବର୍ତ୍ତମାନ R_1 ଓ R_2କୁ ବଢ଼ାଇଲେ ସେମାନେ O ବିନ୍ଦୁରେ ମିଳିତ ହେବେ । ମନେକର O ବିନ୍ଦୁରେ R_1 ଓ R_2 ବଳଦ୍ୱୟ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଅଛି । O ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ R_1 ଓ R_2 ପ୍ରତ୍ୟେକଟିକୁ ଦଣ୍ଡ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଏବଂ ଦଣ୍ଡ ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ବିୟୋଜନ କଲେ ଦଣ୍ଡ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ପ୍ରତ୍ୟେକର ବିଭକ୍ତାଂଶ



(ଚିତ୍ର 24)

S ହେବ । ସେମାନେ ସମମାନର ଏବଂ ବିପରୀତମୁଖୀ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କ ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା ନିଷ୍ପ୍ରୟୋଜନ । ଦଣ୍ଡ AB ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ବିଭକ୍ତାଂଶ ଦୁଇଟି P ଓ Q ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହି ବଳ ଦୁଇଟି ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ବଳ ନାହିଁ, ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କର ବୀଜଗାଣିତିକ ସମଷ୍ଟିରୁ ସେମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ R ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇ ପାରିବ ।

ଚିତ୍ର 24 (a) ଅନୁସାରେ $R=P+Q$ ... (1)

ଚିତ୍ର 24 (b) ଅନୁସାରେ $R=P-Q$ ... (2)

O ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଇଥିବା ପରିଣାମୀ R ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ରେଖା P ଓ Q ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ରେଖାଦ୍ୱୟ ସହିତ ସମାନ୍ତର । ପରିଣାମୀ R ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ରେଖାକୁ ବର୍ଦ୍ଧିତ କଲେ ଏହା AB ସହିତ (ଚିତ୍ର 24 aରେ) ଏବଂ ବର୍ଦ୍ଧିତ AB ସହିତ (ଚିତ୍ର 24b ରେ) C ବିନ୍ଦୁରେ ମିଳିତ ହେବ ।

OAC ଏବଂ Aca △ ଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ସଦୃଶ ହୋଇଥିବାରୁ

$$\frac{OC}{CA}=\frac{Aa}{ac}=\frac{Aa}{Ab}=\frac{P}{S} \quad \dots (3)$$

ସେହିପରି OBC ଏବଂ Bfd △ ଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ସଦୃଶ ହୋଇଥିବାରୁ

$$\frac{OC}{CB}=\frac{Bd}{df}=\frac{Bd}{Be}=\frac{Q}{S} \quad \dots (4)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ହରଣଦ୍ୱାରା ସମୀକରଣ (3) ଓ (4)ରୁ ଆମେ ପାଇବା

$$\frac{CB}{CA}=\frac{P}{Q} \quad \dots (5)$$

ଅର୍ଥାତ୍ $P \times CA = Q \times CB$. ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲାଯେ ପରିଣାମୀ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ରେଖା ଦଣ୍ଡଟିକୁ ସମାନ୍ତର ବଳ ଦୁଇଟିର ବିଷମାନୁପାତରେ ଦ୍ୱିଖଣ୍ଡ କରେ । ସମମୁଖୀ ସମାନ୍ତର ବଳ କ୍ଷେତ୍ରରେ C ବିନ୍ଦୁ ଦଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ରହେ, କିନ୍ତୁ ବିପରୀତମୁଖୀ ସମାନ୍ତର ବଳ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ଦଣ୍ଡ ବାହାରେ ଥାଏ । ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା କଥା ଯେ, ପରିଣାମୀର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁ ସର୍ବଦା ବୃହତ୍ତର ବଳ ନିକଟରେ ରହେ । ବିପରୀତମୁଖୀ ସମାନ୍ତର ବଳ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରିଣାମୀ ବଳ ବୃହତ୍ତର ବଳ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ ।

ବିପରୀତମୁଖୀ ସମାନ୍ତର ବଳ ଦୁଇଟି ସମମାନର ହେଲେ (2) ଓ (5) ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ପାଇବା $R = P - P = 0$

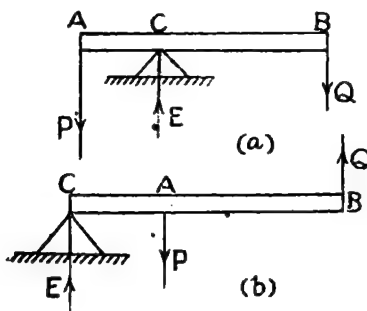
ଏବଂ $\frac{CB}{CA} = \frac{P}{P} = 1$ ଅର୍ଥାତ୍ $CB = CA$.

ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲାଯେ ବିପରୀତମୁଖୀ ସମାନ୍ତର ବଳ ଦୁଇଟି ସମମାନର ହେଲେ ପରିଣାମୀର ମାନ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ଏବଂ ତାହା ଅନନ୍ତ ସ୍ଥାନରେ (infinity) କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ବିପରୀତମୁଖୀ ସମାନ୍ତର ବଳ ଦୁଇଟି ସମମାନର ହେଲେ ତାହାକୁ ଯୁଗଳ (Couple) କହନ୍ତି । ଯୁଗଳର କୌଣସି ପରିଣାମୀ ବଳ ନ ଥାଏ । ଯୁଗଳ ବିଷୟରେ ପରେ ବିଶଦ ଭାବରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଅଛି ।

ଦୁଇରୁ ଅଧିକ ସମାନ୍ତର ବଳଗୁଡ଼ିକର ପରିଣାମୀ ଉପରୋକ୍ତ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ପ୍ରଥମେ ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତର ବଳର ପରିଣାମୀ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ତତ୍ପରେ ଏହି ପରିଣାମୀ ବଳ ଓ ତୃତୀୟ ବଳର ପରିଣାମୀ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ । ଏହିପରି ଭାବରେ ଅଗ୍ରସର ହେଲେ ଶେଷରେ ଏକ ଚୂଡ଼ାନ୍ତ ପରିଣାମୀ ବଳର ମାନ ଓ ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁ ମିଳେ ।

6.9 ସମାନ୍ତର ବଳଗୁଡ଼ିକର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Moments of Parallel forces) :

ମନେକର ଏକ ହାଲୁକା ଦଣ୍ଡ AB ଉପରେ ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତର ବଳ P ଓ Q ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଅଛି । ଚିତ୍ର 25(a)ରେ ସମାନ୍ତର ବଳ ଦୁଇଟି ସମମୁଖୀ ଏବଂ ଚିତ୍ର 25 (b)ରେ ସମାନ୍ତର ବଳ ଦୁଇଟି ବିପରୀତମୁଖୀ ।



(ଚିତ୍ର 25)

ଦଣ୍ଡଟି C ବିନ୍ଦୁସ୍ଥ ଏକ କୀଲକ (Pivot) ଉପରେ ଭର ଦେଇ ଘୂରିପାରେ । ମନେକର କୀଲକର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା E ଏବଂ ସମାନ୍ତର ବଳ ଦୁଇଟିର କ୍ରିୟା ଫଳରେ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦଣ୍ଡଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ (5) ଅନୁସାରେ

$$\frac{P}{Q} = \frac{BC}{AC}$$

ବା $P \times AC = Q \times BC$.

ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲାଯେ P ଓ Qର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ପରସ୍ପର ସମାନ ଏବଂ ବିପରୀତମୁଖୀ । ସୁତରାଂ ଦଣ୍ଡଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହିବାପାଇଁ ଏହାହିଁ ଏକ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ସର୍ତ୍ତ ।

6.10 କୀଳକର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା (Reaction of a Pivot)

ଏକ ସରଳ ଦଣ୍ଡର A ବିନ୍ଦୁରେ ଭର (Load) W ଏବଂ B_1 ବିନ୍ଦୁରେ P_1 ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଅଛି (ଚିତ୍ର 26a) । ମନେକର ଦଣ୍ଡଟି ଏହି ଦୁଇଟି ବଳ ଓ C ଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ କୀଳକର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା E_1 ଫଳରେ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ସୁତରାଂ କୀଳକର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା E_1ର ମାନ ବଳ ଦୁଇଟି (W ଓ P_1) ର ପରିଣାମୀର ମାନ ସହିତ ସମାନ; କିନ୍ତୁ ପରସ୍ପର ବିପରୀତମୁଖୀ ତେଣୁ

$$E_1 = P_1 + W$$

ଚିତ୍ର 26(b)ରେ ଉକ୍ତ ଦଣ୍ଡଟିର A ବିନ୍ଦୁରେ ପୂର୍ବୋକ୍ତ ଭର W କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଅଛି, କିନ୍ତୁ B_2 ବିନ୍ଦୁରେ P_2 ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇ ଦଣ୍ଡଟିରେ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା ସୃଷ୍ଟି କରିଛି । ମନେକର ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ C ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ କୀଳକର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା E_2 ।

ସୁତରାଂ $E_2 = P_2 + W$

A C B_1 B_2 W E_1 P_1 (a)
A C B_2 W E_2 P_2 (b)

(ଚିତ୍ର 26)

ଚିତ୍ର 26(a) ଅନୁସାରେ $P_1 \times B_1C = W \times AC$

$$\therefore P_1 = \frac{AC}{B_1C} W$$

ଚିତ୍ର 26(b) ଅନୁସାରେ $P_2 \times B_2C = W \times AC$; $\therefore P_2 = \frac{AC}{B_2C} W$

ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ W ଏବଂ AC ସମାନ ରହୁଥିବାରୁ ଏବଂ B_2C, B_1C ଅପେକ୍ଷା ବଡ ହୋଇଥିବାରୁ P_2 ବଳ P_1 ବଳଠାରୁ ସାନ ହେବ । ସୁତରାଂ E_2 ମଧ୍ୟ E_1 ଠାରୁ ଛୋଟ ହେବ । ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା କଥା ଯେ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦଣ୍ଡଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଥିଲେ ସୁଦ୍ଧା କୀଳକର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମାନ ନୁହେଁ ।

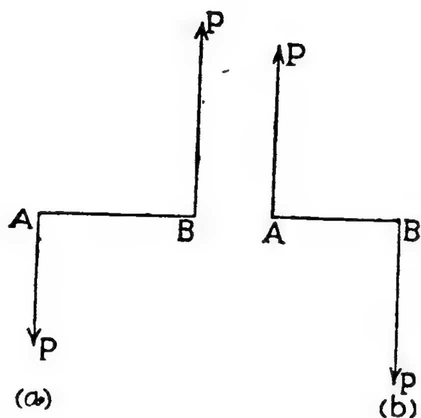
୦

6.11 ଯୁଗଳ (Couple) :

ବସ୍ତୁର ବିଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ଦୁଇଟି ବିପରୀତମୁଖୀ ସମମାନବିଶିଷ୍ଟ ସମାନ୍ତର ବଳକୁ ଗୋଟିଏ **ଯୁଗଳ** କହନ୍ତି ।

ଯୁଗଳ ଗଠନ କରୁଥିବା ବଳ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ଲମ୍ବଦୂରତ୍ୱକୁ **ଯୁଗଳର ବାହୁ** କୁହାଯାଏ । ଯୁଗଳ ବସ୍ତୁକୁ ଘୂରାଏ ବା ଘୂରାଇବାର ଉପକ୍ରମ କରେ । କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତରେ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ବସ୍ତୁର ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତରେ ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତ ବଳ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଫଳରେ ବସ୍ତୁଟି ତାହାର କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁ ବା ଅକ୍ଷରେ ଘୂରେ । କୌଣସି ଯୁଗଳର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ତାହାର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣିତ ହୁଏ । ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ **ଟର୍କ** (Torque) ମଧ୍ୟ କହନ୍ତି ।

ଯୁଗଳ ଗଠନକାରୀ ବଳ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରୁ ଯେ କୌଣସି ଗୋଟିକର ମାନ ଓ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଲମ୍ବ ଦୂରତାର ଗୁଣଫଳହିଁ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ । ଯୁଗଳ ଯୋଗୁଁ ବସ୍ତୁ ଘୀମାବର୍ତ୍ତ ହୋଇ



(ଚିତ୍ର 27)

ଘୂରିଲେ ଉକ୍ତ ଯୁଗଳକୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (Positive) ବୋଲି ଧରାଯାଏ । (ଚିତ୍ର 27 a); କିନ୍ତୁ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତ ହେଲେ ଏହା ବିୟୁକ୍ତାତ୍ମକ (Negative) ହୁଏ (ଚିତ୍ର 27 b) । ଚିତ୍ର 27 ରେ ଦୁଇଟି ଯୁଗଳର ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ ଦିଆଯାଇଅଛି । ଏଠାରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବଳର ମାନ P ଏବଂ AB ବଳ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ଲମ୍ବ-ଦୂରତ୍ୱ । ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= P \times AB$ । ପୂର୍ବେ କୁହାଯାଇଅଛି ଯେ କୌଣସି ଯୁଗଳର ପରିଣାମୀ-ବଳ ନ ଥାଏ ।

6.12 ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଗତି (Projectile Motion)

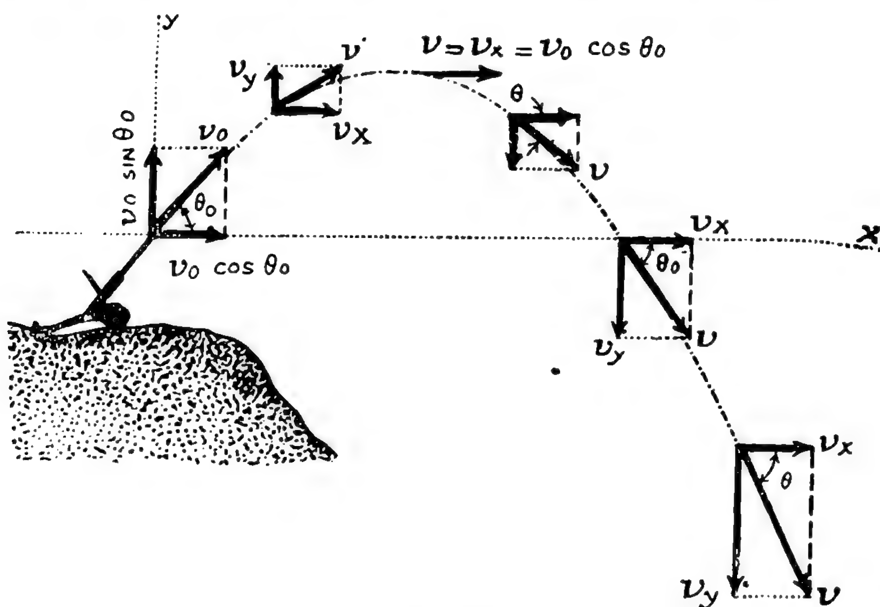
କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଯଦି ନିଜସ୍ୱ ପ୍ରେରକ କ୍ଷମତା (motive power) ବିନା ଅନ୍ତରୀକ୍ଷ (space) କୁ ଅବାଧରେ ଗତିକରେ ଏବଂ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ କେବଳ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ଓ ବାୟୁର ରୋଧବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥାଏ; ତେବେ ଉକ୍ତ ବସ୍ତୁକୁ **ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ** ବା ପ୍ରକ୍ଷେପ (projectile) କୁହାଯାଏ । ରକେଟ୍ ତାହାର ଯାତ୍ରାପଥର ସାମାନ୍ୟ ଅଂଶପାଇଁ ନିଜସ୍ୱ ପ୍ରେରକ କ୍ଷମତା ବ୍ୟବହାର କରିଥାଏ; କିନ୍ତୁ ତାହାର ଜାଳେଣୀ (fuel)କୁ ବନ୍ଦକରି ଦେଲେ ମାତ୍ରେ ରକେଟ୍‌ଟି ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଏବଂ ବନ୍ଧୁକ ଗୁଳିର ଗତିପରି ଗତି କରିବାରେ ଲାଗେ । ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଗତିପଥ କ୍ଷୁଦ୍ର ହେଲେ ପୃଥିବୀର ବକ୍ରତା ଧର୍ତ୍ତବ୍ୟ ହୁଏ ନାହିଁ ଏବଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ନିମ୍ନାଭିମୁଖୀ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ତ୍ୱରଣ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ତ୍ୱରଣର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଦିଗ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଆଦ୍ୟ ପରିବେଗର ଦିଗ ସହିତ କ୍ୱଚିତ୍ ସମାନ ହୁଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ପରିବେଗର ମାନ ଓ ଦିଗ ଉଭୟ ସର୍ବଦା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥାଏ ।

ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଗତି ସହଜରେ ବୁଝିବାପାଇଁ ଏହାର ଗତିକୁ ଦୁଇ ସଂଯୋଜକ (Component)ରେ ଗଠିତ ବୋଲି ଧରାଯାଇପାରେ—ଗୋଟିଏ ଭୂସମାନ୍ତର (Horizontal) ଓ ଅନ୍ୟଟି ଭୂଲମ୍ବ (Vertical) ଅଂଶ । ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ନିମ୍ନାଭିମୁଖୀ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହା କେବଳ ସେହି ଦିଗରେହିଁ ତ୍ୱରଣ ଜାତକରେ । ସୁତରାଂ ବାୟୁର ରୋଧ ଧର୍ତ୍ତବ୍ୟ ନ ହେଲେ ପରିବେଗର ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ରହେ । ମୋଟ ଉପରେ କହିବାକୁଗଲେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଜଟିଳ ଗତି ଦୁଇଟି ସରଳ ଗତିର ସମ୍ମିଶ୍ରଣ—ଗୋଟିଏ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ଭୂସମାନ୍ତର ପରିବେଗବିଶିଷ୍ଟ ଗତି ଏବଂ ଅନ୍ୟଟି ସମତ୍ୱରିତ ଭୂଲମ୍ବ ଗତି ।

ମନେକର ଗୋଟିଏ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ v_0 ବେଗରେ ନିକ୍ଷିପ୍ତ ହେଲା । ଚିତ୍ର 28 ରେ v_0 ର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୋଇଅଛି । ମନେକର ଏହା ଭୂମି ସହିତ θ_0 କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଅଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ ପରିବେଗ v_0 ଭୂସମାନ୍ତର ଓ ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ ଦୁଇଟିକୁ ବିଚାର କରାଯାଉ । ମନେକର v_x ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ ଓ v_y ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ । ଏଠାରେ $v_x = v_0 \cos\theta_0$

$$v_y = v_0 \sin\theta_0$$

ବାୟୁରୋଧ ଧର୍ତ୍ତବ୍ୟ ନ ହେଲେ ଭୂସମାନ୍ତର ତ୍ୱରଣ a_x ଶୂନ୍ ହେବ । ଫଳରେ ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ v_x ର କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଯେ କୌଣସି ସମୟ t ପାଇଁ



(ଚିତ୍ର 28)

$$v_x = v_0 \, Cos\theta_0 \, ... \quad (1)$$

ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳଯୋଗୁଁ ଭୂନିମ୍ନ ତ୍ୱରଣ ନିମ୍ନାଭିମୁଖୀ ହୋଇଥିବାରୁ ପରିବେଗର ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ ଯେ କୌଣସି ସମୟ t ପାଇଁ

$$v_y = v_0 \, Sin\theta_0 - gt \, ... \quad (2)$$

ସୁତରାଂ ଯେ କୌଣସି ସମୟରେ ପରିବେଗ, $v = \sqrt{v_x{}^2 + v_y{}^2}$

ଏବଂ ଭୂମି ସହିତ ପରିବେଗର ଦିଗ ନିମ୍ନ ସମୀକରଣଟିରୁ ସହଜରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

$$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} \, ... \quad (3)$$

ଉଦାହରଣ—

ଗୋଟିଏ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟକୁ 100 ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ ପରିବେଗରେ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ନିକ୍ଷେପ କରାଗଲା । ଯଦି ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟଟି ଭୂମି ସହିତ 30°କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ, ତେବେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟଟି କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଯିବ ଏବଂ କେତେ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗତି କରିବ ? ଏହାର ଭୂସମାନ୍ତର ସୀମା (horizontal range) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ $v_y = vSin\theta =$ (100 ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ) (Sin 30°)

= 50 ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ

$v_x = v \cos\theta = (100$ ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ) ($\cos 30^\circ$)
$= 86.6$ ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ

$v^2 - u^2 = 2fs$ ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କଲେ ଆମେ ପାଇବା

$O - (50$ ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ $)^2 = 2\ (-32$ ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ^2) S

ବା $S = \frac{2500}{64} = 39$ ଫୁଟ ।

∴ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟଟି 39 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଯିବ ।

ଏହି ଉଚ୍ଚତାକୁ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ସମୟ t ଆମେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣଟିରୁ ପାଇବା ।

$v - u = ft$

ବା $O - (50$ ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ $) = (-32$ ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ^2) t

$t = \frac{50}{32} = 1.6$ ସେକେଣ୍ଡ

ଉକ୍ତ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଭୂମିକୁ ଆସିବାପାଇଁ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟକୁ ମଧ୍ୟ ଏହି ସମୟ ଲଗିବ । ସୁତରାଂ ନିକ୍ଷିପ୍ତ ହେବା ମୁହୂର୍ତ୍ତରୁ ଭୂମିକୁ ଫେରିବାପାଇଁ

ସମୟ $t' = 2t = 2 \times 1.6 = 3.2$ ସେକେଣ୍ଡ ।

ବାୟୁର ରୋଧ ଧର୍ତ୍ତବ୍ୟ ନ ହେଲେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ରହେ ।

ସୁତରାଂ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଭୂସମାନ୍ତର ସୀମା (horizontal range), $R = V_x\ .t'$
$= 86.6 \times 3.2$
$= 280$ ଫୁଟ
(ଉତ୍ତର)

ସାରାଂଶ

ବଳର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ—ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଦୁଇଟି ବଳ ଯଦି ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ ଏକ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜର ଦୁଇସନ୍ନିହିତ ବାହୁ ଦ୍ୱାରା ଉଭୟ ମାନ ଓ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୁଏ, ତେବେ ଉକ୍ତ ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ କର୍ଣ୍ଣ ବଳ ଦୁଇଟିର ପରିଣାମୀ (Resultant)ର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ ।

ବଳ ତ୍ରିକୋଣ ନିୟମ

ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ତିନୋଟି ବଳ ଯଦି ଏକ ତ୍ରିଭୁଜର ତିନୋଟି ବାହୁ ଦ୍ୱାରା ଉଭୟ ମାନ ଓ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୋଇପାରେ ତେବେ ଉକ୍ତ ବଳ ତିନୋଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହେ ।

ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ଯଦି କୌଣସି ବସ୍ତୁ କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ବା ଅକ୍ଷରେ ଘୂରେ ତେବେ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ବା ଅକ୍ଷରୁ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ରେଖା ଉପରେ ଲମ୍ବ ଦୂରତ୍ୱକୁ ବଳର ମାନ ସହିତ ଗୁଣନ କଲେ ସେହି ଗୁଣଫଳକୁ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ବା ଅକ୍ଷରେ ବଳର **ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ** କହନ୍ତି ।

ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ରେଖା ଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମାନ୍ତର ହେଲେ ସେଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳଗୁଡ଼ିକୁ **ସମାନ୍ତର ବଳ** କହନ୍ତି ।

ବସ୍ତୁର ବିଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ଦୁଇଟି ବିପରୀତ ସମମୁଖୀ ସମମାନ ବିଶିଷ୍ଟ ସମାନ୍ତର ବଳକୁ ଏକ **ଯୁଗଳ** କହନ୍ତି ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ବଳର ସମାନ୍ତର ଚତୁର୍ଭୁଜ ନିୟମ କ'ଣ ? ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଏହି ନିୟମଟି କିପରି ପ୍ରମାଣ କରାଯାଇ ପାରିବ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

2. ସମାନ୍ତର ବଳ କାହାକୁ କହନ୍ତି ? ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତର ବଳର ପରିଣାମୀ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରିବ ?

3. 9 ମିଟର ଲମ୍ବ ଗୋଟିଏ ଅତ୍ୟନ୍ତ ହାଲୁକା ବାଡ଼ିର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ 100 ଗ୍ରାମ୍ ଓ 50 ଗ୍ରାମ୍‌ର ଦୁଇଟି ଓଜନ ଝୁଲ ହୋଇଅଛି । ଏମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ ଓ ପରିଣାମୀର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   [ଉ: 150 ଗ୍ରାମ୍, ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁ 100 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନଠାରୁ 3 ମିଟର ଦୂରରେ ରହିବ]

4. ଯୁଗଳ କାହାକୁ କହନ୍ତି ? ଟର୍କ କହିଲେ ତୁମେ କ'ଣ ବୁଝ ?

5. 2 ଫୁଟ ଲମ୍ବ ଏକ ଦଣ୍ଡର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତରେ 12 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ଝୁଲ ହୋଇଅଛି । ଦଣ୍ଡଟି ଏକ କୀଳକ ଉପରେ ରଖାଯାଇଅଛି । କୀଳକଟି ଦଣ୍ଡର ଠିକ୍ ମଝିରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଦଣ୍ଡଟିରେ 18 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ଝୁଲାଇ ଦଣ୍ଡଟିକୁ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରଖିବାକୁ ହେବ । ଦଣ୍ଡର କେଉଁଠାରେ ଏହି ଓଜନଟି ଝୁଲାହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଦଣ୍ଡଟିର ଓଜନ ଧର୍ତ୍ତବ୍ୟ ନୁହେଁ ।

   [ଉ: କୀଳକ ଠାରୁ 0.667 ଫୁଟ ଦୂରରେ ଏବଂ 12 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ଝୁଲିହୋଇଥିବା ପାଖର ବିପରୀତ ପାଖରେ]

6. 12 ଫୁଟ ଲମ୍ବର ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ ତାହାର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଅବସ୍ଥିତ ଦୁଇଟି କୀଳକ ଉପରେ ରଖାଯାଇଅଛି । ଯଦି ତାହାର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତରୁ 4 ଫୁଟ ଦୂରରେ 2·5 ଟନ ଓଜନ ରଖାଯାଏ, ତେବେ କୀଳକ ଦୁଇଟିର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଦଣ୍ଡର ଓଜନ ଧର୍ତ୍ତବ୍ୟ ନୁହେଁ । [ଉ: 1·667 ଟନ୍ ଓଜନ ଏବଂ 0·833 ଟନ୍ ଓଜନ ।]

7. ଦୁଇ ଜଣ ଲୋକ 6 ଫଟ ଲମ୍ବ ଏକ ହାଲୁକା ବାଡ଼ି ସାହାଯ୍ୟରେ 300 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଗୋଟିଏ ପଥରକୁ ବୋହିନେବାକୁ ଇଚ୍ଛାକଲେ । ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଦୁର୍ବଳ ଲୋକଟି 100 ପାଉଣ୍ଡରୁ ଅଧିକ ଓଜନ ବୋହିପାରେ ନାହିଁ । ପଥରଟିକୁ ବାଡ଼ିରେ କେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ଝୁଲାଇଲେ ଉକ୍ତ ଲୋକ ଦୁଇଜଣ ତାହାକୁ ବୋହିନେଇ ପାରିବେ ?

   [ଉ: ଦୁର୍ବଳ ଲୋକଠାରୁ 4 ଫୁଟ ଦୂରରେ]

8. 2,1,5 ଓ 3 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଗ୍ୱଗୋଟି ବସ୍ତୁ ପରସ୍ପରଠାରୁ 4 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟବଧାନରେ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡରେ ଝୁଲୁଥିଲେ । ଦଣ୍ଡଟିର କେଉଁ ବିନ୍ଦୁରେ ଦଣ୍ଡଟିକୁ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରଖି ହେବ ? ଦଣ୍ଡଟିର ଓଜନ ଧର୍ତ୍ତବ୍ୟ ନୁହେଁ ।

[ଉ: 2 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ବସ୍ତୁ ଠାରୁ 7·27 ଇଞ୍ଚ ଦୂରରେ]

9. ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ ଦୁଇଟି କୀଳକ ଉପରେ ରଖାଯାଇଅଛି । କୀଳକ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ 12 ଇଞ୍ଚ । କୀଳକ ଦୁଇଟି ମଝିରେ ଏବଂ ଗୋଟିଏ କୀଳକଠାରୁ 4 ଇଞ୍ଚ ଦୂରରେ 10 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଦଣ୍ଡଟିରୁ ଝୁଲୁ ହୋଇଅଛି । କୀଳକ ଦୁଇଟିର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଦଣ୍ଡଟିର ଓଜନ ଧର୍ତ୍ତବ୍ୟ ନୁହେଁ ।

[ଉ: 6·66 ଓ 3·33 ପାଉଣ୍ଡ]

10. ଗୋଟିଏ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ 225 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚ ଏକ ପାହାଡ଼ ଉପରୁ 600 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ନିକ୍ଷିପ୍ତ ହେଲା । ଏହାର ଗତିର ସମୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏହା ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ କେତେ ବାଟ ଯିବ ?

[ଉ: 3·75 ସେକେଣ୍ଡ; 2250 ଫୁଟ ।]

11. ଗୋଟିଏ କମାଣରୁ ଗୁଳି 2,000 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ବାହାରିଗଲା । ସେତେବେଳେ ଯଦି କମାଣଟି ଭୂମି ସହିତ 30° କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଥାଏ, ତେବେ ଗୁଳିଟି କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଯିବ ? ଗୁଳିଟିର ଭୂସମାନ୍ତର ସୀମା (Horizontal range) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ=32 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ^2)

[ଉ. 15725 ଫୁଟ, 1,08,250 ଫୁଟ]

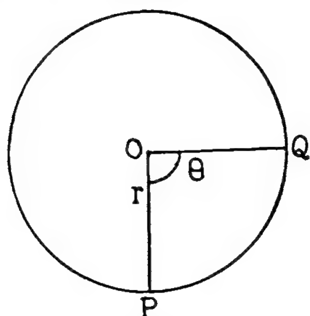
ସପ୍ତମ ଅଧ୍ୟାୟ

ବୃତ୍ତୀୟ ଗତି (Circular motion)

7.1 କୌଣିକ ପରିବେଗ (Angular Velocity) :

ଯଦି ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁକୁ କେନ୍ଦ୍ରକରି ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ସମ-ଗତିରେ ଘୂରେ, ତେବେ ଉକ୍ତ ବସ୍ତୁ ଓ ବୃତ୍ତାକାର ପଥର କେନ୍ଦ୍ର ସଂଯୋଗକାରୀ ସରଳରେଖା ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଯେଉଁ କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଥାଏ, ତାହାକୁ ବସ୍ତୁର **କୌଣିକ ପରିବେଗ** କହନ୍ତି । ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ସମପରିମାଣର କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନହେଲେ ବସ୍ତୁର କୌଣିକ ପରି-ବେଗକୁ ସମ କୌଣିକ ପରିବେଗ (Uniform angular Velocity) କୁହାଯାଏ ।

ମନେକର ବସ୍ତୁଟି O ବିନ୍ଦୁକୁ କେନ୍ଦ୍ର କରି r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ସମଗତିରେ ଘୂରୁଅଛି । [ଚିତ୍ର 29]



(ଚିତ୍ର 29)

ଯଦି ଏହା t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ P ବିନ୍ଦୁରୁ Q ବିନ୍ଦୁକୁ ଗତି କରେ, ତେବେ ବସ୍ତୁ ଓ ବୃତ୍ତାକାର ପଥର କେନ୍ଦ୍ର ସଂଯୋଗକାରୀ ସରଳରେଖା କେନ୍ଦ୍ର O ଠାରେ $\angle POQ = \theta$ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ।

ସୁତରାଂ ବସ୍ତୁଟିର କୌଣିକ ପରିବେଗ,

$$\omega = \frac{\text{କୌଣିକ ବିସ୍ଥାପନ}}{\text{ସମୟ}} = \frac{\theta}{t}$$

କୌଣିକ ପରିବେଗକୁ ସାଧାରଣତଃ ରେଡିୟାନ /ସେକେଣ୍ଡରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

7.2 କୌଣିକ ପରିବେଗ ଓ ସରଳ ରୈଖିକ ପରିବେଗ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ—

ଉପରୋକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁଟି t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ PQ ବୃତ୍ତଚାପ ଅତିକ୍ରମ କରେ ।

ସୁତରାଂ ତାହାର ସରଳରୈଖିକ ପରିବେଗ $V = \frac{PQ \text{ ଚାପ}}{t} = \frac{r\theta}{t} = r\omega$

ଅର୍ଥାତ୍ $V = r\omega$

7.3 କୌଣିକ ତ୍ୱରଣ (Angular acceleration) :

କୌଣିକ ପରିବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାରକୁ କୌଣିକ ତ୍ୱରଣ କହନ୍ତି; ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର କୌଣିକ ପରିବେଗ ଯେଉଁ ପରିମାଣରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ତାହାହିଁ ବସ୍ତୁର **କୌଣିକ ତ୍ୱରଣ** । ମନେକର t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର କୌଣିକ ପରିବେଗ ω_1 ରୁ ω_2 ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲା ।

ତେବେ ତାହାର କୌଣିକ ତ୍ୱରଣ, $\phi = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$

ମନେକର ଉକ୍ତ ସମୟରେ ବସ୍ତୁଟିର ସରଳ ରୈଖିକ ପରିବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ V_1 ଓ V_2 ଏବଂ ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ବାସାର୍ଦ୍ଧ r,

$$\text{ତେବେ } \omega_1=\frac{V_1}{r} \text{ ଏବଂ } \omega_2=\frac{V_2}{r}$$

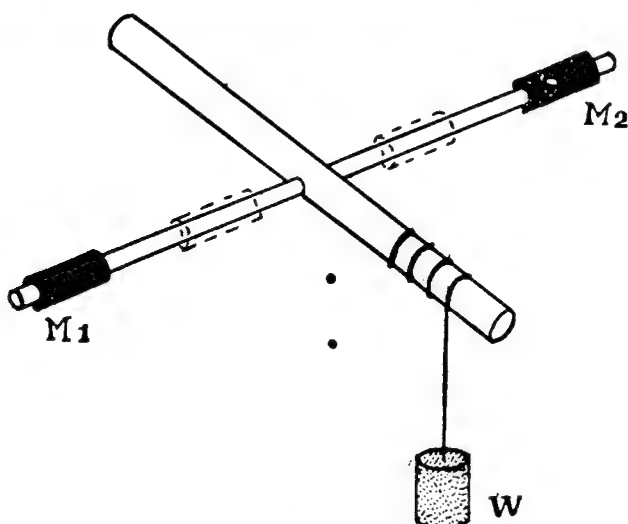
$$\text{ସୁତରାଂ } \phi=\frac{V_2-V_1}{rt}$$

$$\therefore \phi=\frac{a}{r} \quad \because \left(a=\text{ବସ୍ତୁର ସରଳ ରୈଖିକ ତ୍ୱରଣ }=\frac{V_2-V_1}{t}\right)$$

7.4 ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Moment of Inertia) :

ପୂର୍ବେ କୁହାଯାଇଅଛି ଯେ ବସ୍ତୁର ଗତି ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ଅର୍ଥାତ୍ ତ୍ୱରଣ ଜାତ ପାଇଁ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ । କ୍ଷୁଦ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁରେ ତ୍ୱରଣ ଜାତକରିବା ପାଇଁ ଯେଉଁ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ, ଅଧିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ସେହି ତ୍ୱରଣ ଜାତ କରିବାପାଇଁ ତଦ୍‌ପେକ୍ଷା ଅଧିକ ମାନର ବଳ ପ୍ରୟୋଜନ ହୁଏ ।

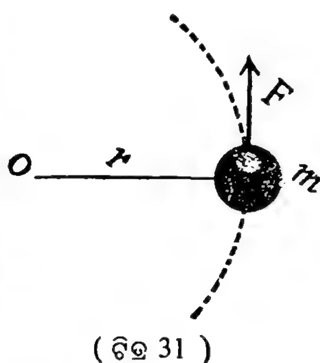
ସେହିପରି ଯେ କୌଣସି ଅକ୍ଷରେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ଘୂର୍ଣ୍ଣନରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆଣିବା ପାଇଁ ସେହି ଅକ୍ଷରେ ଟର୍କ (Torque) ପ୍ରୟୋଗ ଏକାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । ଟର୍କ ଦ୍ୱାରା ଜାତ କୌଣିକ ତ୍ୱରଣ କେବଳ ଯେ ଘୂରୁଥିବା ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭରକରେ ତାହା ନୁହେଁ, ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବିତରଣ ଉପରେ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଭର କରେ । ମନେକର M_1 ଓ M_2



(ଚିତ୍ର 30)

ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ସହ ଏକ ଦଣ୍ଡ ଗୋଟିଏ ଅଖ (axle) ଉପରେ ଭାରସାମ୍ୟ ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛି (ଚିତ୍ର 30) । ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟିକୁ ଦଣ୍ଡ ଦେହରେ ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ରଖାଯାଇପାରେ । ଚିତ୍ରରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲା ଭଳି ଗୋଟିଏ ରଜ୍ଜୁକୁ ଅଖରେ ଗୁଡ଼ାଇ ଯଦି

ତହିଁରେ W ଓଜନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ, ତେବେ ଅକ୍ଷଟି ବୁଲିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଉକ୍ତ ଦଣ୍ଡଟି ମଧ୍ୟ ଘୂରିବ । M_1 ଓ M_2 ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟି ଅକ୍ଷର ନିକଟରେ ଥିବା ଅବସ୍ଥାରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ-ବେଗ ଲାଭ ହାର ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟି ଦଣ୍ଡର ଦୁଇମୁଣ୍ଡରେ ଥିବା ଅବସ୍ଥାରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ-ବେଗ ଲାଭ ହାର ଅପେକ୍ଷା ନିଶ୍ଚୟ ଅଧିକ ହେବ । ଦଣ୍ଡ ଉପରେ M_1 ଓ M_2 ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟିର ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦ୍ୱାରା ଦଣ୍ଡର ବସ୍ତୁତ୍ୱରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବିତରଣରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ । ଫଳରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ-ଜଡ଼ତ୍ୱ (Rotational inertia) ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର 31)

ମନେକର m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ବସ୍ତୁକୁ O ଅକ୍ଷର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ବୁଲାଗଲା (ଚିତ୍ର 31) ଅକ୍ଷଠାରୁ ବସ୍ତୁର ଦୂରତ୍ୱ r । ଏଠାରେ ସ୍ପର୍ଶୀୟ ବଳ (Tangential force) ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁରେ ଜାତ ତ୍ୱରଣ, $a=\frac{F}{m}$.

O ଅକ୍ଷରେ F ବଳର ଟର୍କ, $L=rF$

ସୁତରାଂ $L=mra=mr^2\phi$

$$\phi=\frac{a}{r}$$

ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ ଟର୍କ ଯେଉଁ କୌଣୀୟ ତ୍ୱରଣ ଜାତ କରେ, ତାହା ଟର୍କ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ । mr^2 ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦଗରେ କଣିକାର ବିତରଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅକ୍ଷରେ କୌଣସି କଣିକାର ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଉକ୍ତ କଣିକାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଅକ୍ଷଠାରୁ କଣିକାର ଦୂରତ୍ୱର ବର୍ଗର ଗୁଣଫଳଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ଯଦି ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ଓ ଦୂରତ୍ୱ r ହୁଏ, ତେବେ ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $I=mr^2$ । ଏକ ବିସ୍ତାରିତ ବସ୍ତୁ (Extended body)ର ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣରେ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକାର ଏହି ପରିମାଣର ଅବଦାନ ଥାଏ ।

ସୁତରାଂ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଏହି ଅବଦାନର ସମଷ୍ଟି । ଯଦି ବସ୍ତୁଟି m_1, m_2, m_3 . . . .ଇତ୍ୟାଦି ଅସଂଖ୍ୟ ବସ୍ତୁ କଣିକାର ସମଷ୍ଟି ଏବଂ ଅକ୍ଷଠାରୁ ସେମାନଙ୍କର ଦୂରତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ r_1, r_2, r_3. . . . ଇତ୍ୟାଦି ହୁଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁର ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $I=m_1r_1^2+m_2r_2^2+m_3r_3^2+\ldots$

$=\Sigma mr^2$

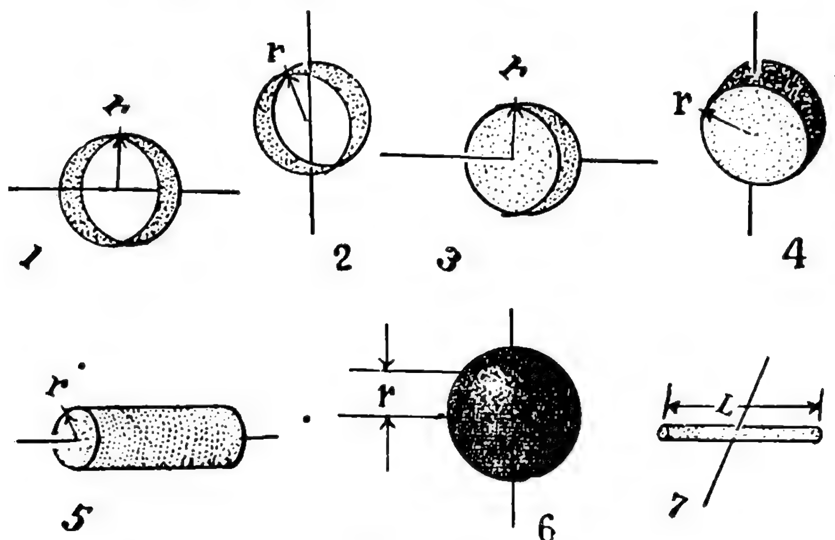
ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାର କଥା ଯେ, ବସ୍ତୁର ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅକ୍ଷର ଅବସ୍ଥିତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ପରପୃଷ୍ଠାରେ ଜ୍ୟାମିତିକ ଆକାରବିଶିଷ୍ଟ କେତେକ ବସ୍ତୁର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅକ୍ଷରେ ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଦିଆଯାଇଅଛି । ଏହା ଚିତ୍ର (32) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

(1) ରିଂର କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଅକ୍ଷରେ, $I=mr^2$

(2) ରିଂର ଯେ କୌଣସି ବ୍ୟାସରେ, $I=\frac{1}{2}mr^2$

(3) ଘନ ଡିସ୍କର, ଡିସ୍କ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ କେନ୍ଦ୍ରଗାମୀ ଅକ୍ଷରେ, $I=\frac{1}{2}mr^2$
(4) ଘନ ଡିସ୍କର, ଯେ କୌଣସି ବ୍ୟାସରେ, $I=\frac{1}{4}mr^2$



(ଚିତ୍ର 32)

(5) ଘନ ସିଲିଣ୍ଡରର, ତାହାର ଅକ୍ଷରେ, $I=\frac{1}{2}mr^2$
(6) ଘନ ଗୋଲକର, କୌଣସି ବ୍ୟାସରେ, $I=\frac{2}{5}mr^2$
(7) ସମ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ସରୁ ଦଣ୍ଡର କେନ୍ଦ୍ରଗାମୀ ଓ ଦଣ୍ଡପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଅକ୍ଷରେ, $I=\frac{1}{12}mL^2$ (L=ଦଣ୍ଡର ଲମ୍ବ)

ଉଦାହରଣ :

30 ସେ: ମି: ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଘନ ଗୋଲକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 25 କି:ଗ୍ରା: । ଗୋଲକର କୌଣସି ବ୍ୟାସରେ ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଗୋଲକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ =15 ସେ:ମି: =0·15 ମି:

ଘନ ଗୋଲକର କୌଣସି ବ୍ୟାସରେ ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ, $I=\frac{2}{5}mr^2$

$=\frac{2}{5}\times 25\times(0{\cdot}15)^2$

$\therefore$ $I=0{\cdot}22$ କି:ଗ୍ରା:—ମିଟର^2

7.5 କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ଓ କେନ୍ଦ୍ରାପସାରୀ ବଳ (Centripetal & Centrifugal Forces)

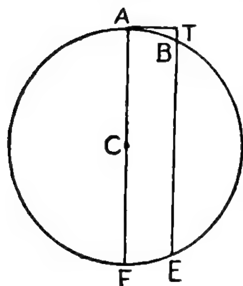
ଗୋଟିଏ ଟେକାକୁ ଦଉଡ଼ିରେ ବାନ୍ଧି, ଦଉଡ଼ିର ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡ ଧରି ବୁଲାଇଲେ ଟେକାଟି ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଗତି କରେ । ଦଉଡ଼ିଟି ଏହି ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହୁଏ । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେ ରହେ, ନଚେତ୍ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ତାହାର ସମଗତି ହୁଏ । ତେଣୁ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ନିଜ ଉଦ୍ୟୋଗରେ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଗତିକରିପାରେ ନାହିଁ । ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଗତି କରିବା ସମୟରେ ବସ୍ତୁ

ଉପରେ ନିଶ୍ଚୟ କୌଣସି ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥାଏ । ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଗତି କାଳରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଯଦି ବଳର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ହଠାତ୍ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ, ତେବେ ସେହି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ବସ୍ତୁଟି ଯେଉଁ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲା, ସେହି ଦିଗରେ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ସମବେଗରେ ଗତି କରେ ଅର୍ଥାତ୍ ସେହି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ବସ୍ତୁଟି ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁରେ ଥାଏ, ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ପଥ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକ (Tangent) ଦିଗରେ ତାହାର ସମଗତି ହୁଏ । ଦଉଡ଼ିରେ ବାନ୍ଧି ଟେକାଟିଏ ବୁଲାଇବା ସମୟରେ ଯେଉଁ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଦଉଡ଼ିଟିକୁ ଛାଡ଼ି ଦିଆଯାଏ, ସେହି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଟେକାଟି ବୃତ୍ତାକାର ପଥ ଛାଡ଼ି ସରଳ ରେଖାରେ ଗତି କରେ ।

ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସମଗତି ସମୟରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବୃତ୍ତାକାର ପଥର କେନ୍ଦ୍ର ଦିଗରେ ଯେଉଁ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥାଏ, ତାହାକୁ **କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ** (Centripetal force) କହନ୍ତି । ଏହା ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ବୋଲି ଏହାକୁ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ କୁହାଯାଏ । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଉକ୍ତ ବଳର ଏକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା (Reaction) ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଗତି କରୁଥିବା ବସ୍ତୁ ଏହି ଗତି ସୃଷ୍ଟିକାରୀ ବୃତ୍ତାକାର ପଥର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଥିବା ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଯେଉଁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସୃଷ୍ଟି କରେ, ତାହାକୁ **କେନ୍ଦ୍ରାଭିସାରୀ ବଳ** (Centrifugal force) କହନ୍ତି । ଅର୍ଥାତ୍ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳଜନିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାହିଁ କେନ୍ଦ୍ରାଭିସାରୀ ବଳ । ଏହା କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ଉକ୍ତ ବଳ ଦୁଇଟି କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୁଏ ନାହିଁ । କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ବୃତ୍ତାକାର କକ୍ଷରେ ଭ୍ରାମ୍ୟମାଣ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବା ସମୟରେ କେନ୍ଦ୍ରାଭିସାରୀ ବଳ ଏହି ଗତିପାଇଁ ଦାୟୀ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ଉକ୍ତ ବଳ ଦୁଇଟି ସମମାନର ଏବଂ ପରସ୍ପର ବିପରୀତମୁଖୀ ହୋଇଥିବାରୁ ବସ୍ତୁଟି ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହେ । ଟେକାଟିକୁ ଦଉଡ଼ିରେ ବାନ୍ଧି ବୁଲାଇବା ସମୟରେ ଆମେ ଦଉଡ଼ିଦ୍ୱାରା ପଥରଟିକୁ ଆମ ଆଡ଼କୁ ଟାଣି ରଖୁ । ଏହା ହେଲା କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ । ଟେକାଟି ମଧ୍ୟ ବୁଲିବା ସମୟରେ ଦଉଡ଼ି ମାଧ୍ୟମରେ ଆମ ହାତକୁ ଟାଣି ରଖେ । ଏହା କେନ୍ଦ୍ରାଭିସାରୀ ବଳ । ଏହି ବଳ ଦୁଇଟି ସମାନ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ପରସ୍ପର ବିପରୀତ ମୁଖୀ । ଯଦି କୌଣସି ସମୟରେ ଦଉଡ଼ିଟି ଛିଣ୍ଡି ଯାଏ କିମ୍ବା ଆମେ ଦଉଡ଼ିଟି ଛାଡ଼ି ଦେଉଁ, ସେହି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ଲୋପ ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତାହାର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କେନ୍ଦ୍ରାଭିସାରୀ ବଳ ମଧ୍ୟ ଲୋପ ପାଏ ଏବଂ ବସ୍ତୁଟି ସେହି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ସରଳ ରେଖାରେ ଗତି କରେ ।

7.6 କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ମନେକର m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ v ବେଗରେ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଗତି କରୁଛି । ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ=r.



(ଚିତ୍ର 33)

କୌଣସି ସମୟରେ A ବସ୍ତୁଟିର ଅବସ୍ଥିତି ଏବଂ ଅତି ଅଳ୍ପ ସମୟ t ପରେ ଏହାର ଅବସ୍ଥିତି B ହେଉ, (ଚିତ୍ର 33) । A ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ ସ୍ପର୍ଶକ (Tangent) ଉପରେ B ବିନ୍ଦୁରୁ BT ଲମ୍ବ ହେଉ । ଏହି ଲମ୍ବକୁ ବର୍ଦ୍ଧିତ କଲେ ଏହା ବୃତ୍ତକୁ E ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ପର୍ଶ କରିବ । A ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟ ଦେଇ AF ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ବ୍ୟାସ ହେଉ ।

ବସ୍ତୁଟି ସମଗତିରେ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ବୁଲୁଥିବାରୁ ଚାପ AB=vt..........(1)

ବସ୍ତୁଟି ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଗତି କରୁଥିବା ସମୟରେ ନିଶ୍ଚୟ ତାହା ଉପରେ ଏକ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଅଛି, ଏହି ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉ ନ ଥିଲେ ବସ୍ତୁଟି t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ AT ସରଳରେଖାରେ ଗତି କରି ଥାଆନ୍ତା । ତେଣୁ ବଳର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ଯୋଗୁଁ AT ସରଳରେଖାର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ବସ୍ତୁରେ ତ୍ୱରଣ ଜାତ ହୁଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ A C ଦିଗରେ ବସ୍ତୁଟିର ତ୍ୱରିତ ହୁଏ । ସୁତରାଂ ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧରେ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଅଛି ।

ଏହି ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳଯୋଗୁ t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ବସ୍ତୁଟି AF ସହିତ ସମାନ୍ତରଭାବରେ TB ପଥ ଅତିକ୍ରମ କରୁଅଛି । ଯେହେତୁ A ବିନ୍ଦୁରେ AF ଦିଗରେ ଏହାର କୌଣସି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବେଗ ନାହିଁ, ତେଣୁ $TB=\frac{1}{2}ft^2$......(2)

[କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ଯୋଗୁଁ f ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ]

t ଅତି କ୍ଷୁଦ୍ର ହୋଇଥିବାରୁ B ବିନ୍ଦୁ A ବିନ୍ଦୁର ଅତି ନିକଟରେ ଅବସ୍ଥିତ ।

$TE=AF=2r$......(3)

ଏବଂ $TA=$ଚାପ, $AB=vt$ (ପ୍ରାୟ)......(4)

ବର୍ତ୍ତମାନ $TA^2=TB.TE$

ସମୀକରଣ (2) (3) ଓ (4) ଅନୁସାରେ $(vt)^2=\frac{1}{2}ft^2\times 2r$

ବା $v^2=fr.$

ବା $f=\frac{v^2}{r}$

କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀବଳ $P=mf=\frac{mv^2}{r}$.

7.7 କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ଓ କେନ୍ଦ୍ରାପସାରୀ ବଳର କେତୋଟି ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ :

ରାସ୍ତାରେ କୌଣସି ବାଙ୍କ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ସମୟରେ ସାଇକେଲ ଚଢ଼ାଳି ବାଙ୍କର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ଅଣେଇ ଯାଏ । ସାଇକେଲ ଚଢ଼ାଳିର ବେଗ ଯେତେ ଅଧିକ ହୁଏ, ବାଙ୍କ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ସମୟରେ କେନ୍ଦ୍ରାପସାରୀ ବଳ ସେତେ ଅଧିକ ହୁଏ । ଫଳରେ ତାହାକୁ ବାଙ୍କର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ଅଧିକ ଅଣେଇବାକୁ ପଡ଼େ । ତେଣୁ ସମୟ ସମୟରେ ଅଧିକ ବେଗରେ ବାଙ୍କ ଅତିକ୍ରମ କଲାବେଳେ ସାଇକେଲ ଚଢ଼ାଳି ପ୍ରୟୋଜନ ଅନୁସାରେ ଅଣେଇବାକୁ ଅକ୍ଷମ ହେବାରୁ ଦୁର୍ଘଟଣାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୋଇଥାଏ । ବାଙ୍କ ନିକଟରେ ରେଳଧାରଣା ଦୁଇଟି ଏକ ସମତଳରେ ରହେ ନାହିଁ । ବାଙ୍କର ବାହାର ପଟକୁ ଥିବା ରେଳ ଧାରଣାଟି ଭିତର ପଟ ଧାରଣା ଅପେକ୍ଷା ସାମାନ୍ୟ ଉଚ୍ଚରେ ଥାଏ । ଫଳରେ ବାଙ୍କ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ସମୟରେ ଟ୍ରେନ୍‌ଟି ବାଙ୍କର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଣେଇଯାଏ ।

ନିଜର ମେରୁଦଣ୍ଡ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ପୃଥିବୀର ପରିକ୍ରମଣ ହେତୁ କେନ୍ଦ୍ରାପସାରୀ ବଳ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହା ବିଷୁବରେଖା ନିକଟରେ ସର୍ବାଧିକ ଓ ମେରୁ ନିକଟରେ ସର୍ବନିମ୍ନ ଅଟେ । ଫଳରେ ପୃଥିବୀ ବିଷୁବରେଖା ନିକଟରେ ଫୁଲି ଉଠିଛି ଓ ମେରୁ ନିକଟରେ ସାମାନ୍ୟ ଚେପ୍‌ଟା ହୋଇଛି ।

ଉଦାହରଣ :

4 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ଦଉଡିରେ ବାନ୍ଧି 5 ଫୁଟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ବୁଲା ଯାଉଅଛି । ବସ୍ତୁଟିର ବେଗ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 30 ଫୁଟ ହେଲେ ଦଉଡିର ଟାନ (Tension) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଦତ୍ତ ଅଛି $m=4$, $v=30$ ଓ $r=5$,
ଦଉଡିର ଟାନ=କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ

$$=\frac{mv^2}{r}=\frac{4\times30^2}{5}$$

=720 ପାଉଣ୍ଡାଲ (ଉତ୍ତର)

ସାରାଂଶ

$$v=\omega r$$

ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସମଗତି ସମୟରେ କେନ୍ଦ୍ର ଆଡକୁ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଯେଉଁ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥାଏ, ତାହାକୁ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ (Centripetal force) କହନ୍ତି ।

କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳଜନିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାହିଁ (Reaction) କେନ୍ଦ୍ରାଭିସାରୀ ବଳ (Centrifugal force) ।

m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ବସ୍ତୁ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ v ବେଗରେ ଗତିକଲେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ, $P=\frac{mv^2}{r}$.

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଗତି କରାଇବା ପାଇଁ ସର୍ବଦା ଏକ ବଳର ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ କାହିଁକି ? ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ବେଗ ଓ ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଅନୁସାରେ ଏହି ବଳଟିର ମାନ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କର ।

2. କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ଓ କେନ୍ଦ୍ରାଭିସାରୀ ବଳ କାହାକୁ କହନ୍ତି ? କେନ୍ଦ୍ରାଭିସାରୀ ବଳର ମାନ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ?

   ବାଙ୍କ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ସମୟରେ ସାଇକେଲ ଚଢ଼ାଳି ବାଙ୍କର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ କାହିଁକି ଅଣେଇ ଯାଏ ?

3. 4 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 2 ସେ:ମି: ବେଗରେ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ବୁଲୁଅଛି । ଯଦି ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 3 ସେ:ମି: ହୁଏ, ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 5·33 ଡାଇନ୍)

4. 20 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ପଦାର୍ଥ 9 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ 40 ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ବୁଲେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ କେନ୍ଦ୍ରାଭିସାରୀ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 1325 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ)

5. 4 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପଦାର୍ଥକୁ ଗୋଟିଏ ଦଉଡ଼ିରେ ବାନ୍ଧି ବୁଲାଗଲା । ବସ୍ତୁଟି ଯଦି 3 ଫୁଟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ 50 ଥର ବୁଲେ, ତେବେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କେନ୍ଦ୍ରାଭିସାରୀ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉ: 329·25 ପାଉଣ୍ଡାଲ)

6. ଗୋଟିଏ ଦଉଡ଼ିରେ 60 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲା ମାତ୍ରେ ତାହା ଛିଣ୍ଡି ଯାଏ । 10 ଫୁଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଏହିପରି ଏକ ଦଉଡ଼ିରେ 6 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଗୋଟିଏ ପଥର ବାନ୍ଧି ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ବୁଲାଗଲା । ଏହି ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ବସ୍ତୁଟିର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 56·5 ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ)

7. ଚକର ଅଧିକାଂଶ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଚକର ଧାର ନିକଟରେ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ କାହିଁକି ?

8. ଗୋଟିଏ ଘନ ସିଲିଣ୍ଡରକୁ ଏକ ଆନତ ତଳ ଉପରେ ଗଡ଼ାଇ ଦିଆଗଲା । ତା'ର ତଳକୁ ଖସିବା ସମୟ ଟିପି ରଖାଗଲା । ତତ୍‌ପରେ ସେହି ସିଲିଣ୍ଡରର ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ଗୋଟିଏ ଛିଦ୍ର କରଯାଇ ତାକୁ ପୁନର୍ବାର ଉକ୍ତ ଆନତ ତଳ ଉପରେ ଗଡ଼ାଇ ଦିଆଗଲା । ବର୍ତ୍ତମାନ ସିଲିଣ୍ଡରଟି ତଳକୁ ଖସିବାପାଇଁ ଯେଉଁ ସମୟ ଲାଗିବ ତାହା ପୂର୍ବ ସମୟ ସହିତ ସମାନ ହେବ କି ନାହିଁ ବୁଝାଇଦିଅ ।

9. ଗୋଟିଏ ଘନ ସିଲିଣ୍ଡର, ଗୋଟିଏ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ଓ ଗୋଟିଏ ଘନ ଗୋଲକକୁ ଏକ ଆନତ ତଳ ଉପରେ ଏକ ସଙ୍ଗେ ଗଡ଼ାଇ ଦିଆଗଲା । ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ଗଡ଼ିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରିଥାଆନ୍ତି ତେବେ କେଉଁଟି ପ୍ରଥମେ ଆନତ ତଳର ଶେଷ ମୁଣ୍ଡରେ ପହଞ୍ଚିବ ? କାରଣ ସହ ଉତ୍ତର ଦିଅ ।

10. ଗୋଟିଏ ଘଡ଼ିର ତିନୋଟି କଣ୍ଟାର କୌଣିକ ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

11. ପୃଥିବୀର ଗୋଟିଏ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ପୃଥିବୀରୁ 300 ମାଇଲ୍ ଦୂରରେ ରହି ପୃଥିବୀର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ପ୍ରଦକ୍ଷିଣ କରୁଅଛି । ଉପଗ୍ରହଟିକୁ ପୃଥିବୀ ଘୂରିପଟେ ଥରେ ବୁଲିବାକୁ ଯଦି 96 ମିନିଟ ଲାଗେ ତେବେ ତାହାର ସରଳ ରୈଖିକ ବେଗ କେତେ ?
(ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ=4000 ମାଇଲ) (ଉ: 4·7 ମାଇଲ / ସେକେଣ୍ଡ)

———

ଅଷ୍ଟମ ଅଧ୍ୟାୟ

ମହାକର୍ଷଣ ଓ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ

(Gravitation and gravity)

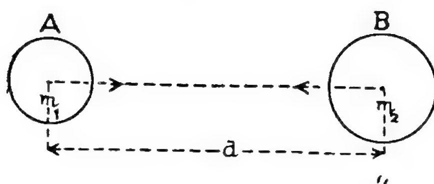
8.1 ମହାକର୍ଷଣ (Gravitation) :

ଗଛରୁ ପାଚିଲା ଫଳ ତଳକୁ ପଡ଼େ । ଯେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ହାତରୁ ଖସିଲେ ତଳକୁ ପଡ଼େ । ଆପେଲ୍ ତଳକୁ ପଡ଼ିବା ଦେଖି ବୈଜ୍ଞାନିକ ନିଉଟନ୍ ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହେଲେ ଯେ ବିଶ୍ୱର ଯେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଅନ୍ୟ ବସ୍ତୁକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ । ଏହି ଆକର୍ଷଣ-ବଳ କେବଳ ପଦାର୍ଥ ଦୁଇଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହାକୁ **ମହାକର୍ଷଣ** କହନ୍ତି । ଏହି ମହାକର୍ଷଣ ଧାରଣାକୁ ନିଉଟନ୍ ହିଁ ପ୍ରଥମେ ସୂତ୍ରବଦ୍ଧ କରିଥିବାରୁ ତାଙ୍କର ନାମାନୁସାରେ ଏହାକୁ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।

8.2 ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମ (Newton's Law of Gravitation) :

(i) ବିଶ୍ୱରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ଅନ୍ୟ ବସ୍ତୁକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ ।

(ii) ଯେ କୌଣସି ବସ୍ତୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ଆକର୍ଷଣ ବଳ ସେମାନଙ୍କର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୁଣଫଳର ସମାନୁପାତୀ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱର ବର୍ଗର ବିଷମାନୁପାତୀ (Inversely Proportional) ବା ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ।



(ଚିତ୍ର 34)

ମନେକର m_1 ଓ m_2, A ଓ B ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏବଂ 'd' ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ, (ଚିତ୍ର 34) । ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ମହାକର୍ଷଣଜନିତ ଆକର୍ଷଣ ବଳ F ହେଲେ

$$F \propto (m_1 \times m_2)$$

ଏବଂ $$F \propto \frac{1}{d^2}$$

ସୁତରାଂ $$F \propto \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

ବା $$F = G\frac{m_1 \times m_2}{d^2} \quad \ldots . \ (1)$$

(G ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ)

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ଧ୍ରୁବାଙ୍କ Gକୁ **ମହାକର୍ଷଣର ବିଶ୍ୱ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ** (Universal Gravitational Constant) କହନ୍ତି ।

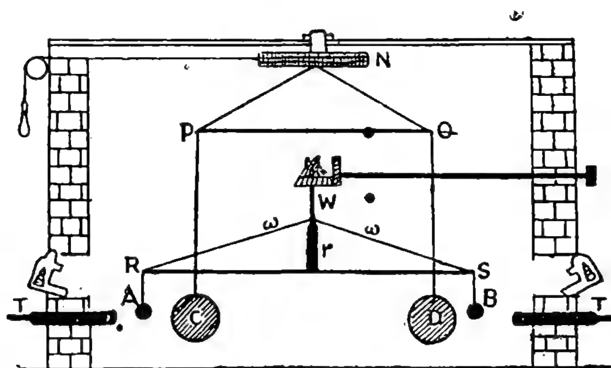
ଯଦି $m_1=m_2=1$ ଏବଂ $d=1$ ହୁଏ, ତେବେ $F=G$ ହେବ । ଅର୍ଥାତ୍ ଏକକ ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ମହାକର୍ଷଣ-ବଳର ମାନ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ G ର ମାନ ସହିତ ସମାନ । ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ $G=6{\cdot}67\times10^{-8}$ ସି.ଜି.ଏସ. । ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ସେଣ୍ଟି ମିଟର ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ମହାକର୍ଷଣ-ବଳର ମାନ $6{\cdot}67\times10^{-8}$ ଡାଇନ୍ ।

8·3 ମହାକର୍ଷଣ ଧ୍ରୁବାଙ୍କର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ (Determination of the Gravitational Constant) :

ମହାକର୍ଷଣ ଧ୍ରୁବାଙ୍କର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟପାଇଁ ଯେଉଁ ପଦ୍ଧତି ପ୍ରଚଳିତ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ କାଭେଣ୍ଡିସ୍‌ଙ୍କ ପଦ୍ଧତି ପ୍ରଧାନ ।

କାଭେଣ୍ଡିସ୍‌ଙ୍କ ପଦ୍ଧତି (Cavendish's method) :

କାଭେଣ୍ଡିସ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟବହୃତ ଯନ୍ତ୍ରଟି ତାଙ୍କର ବଗିଚା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଗୋଟିଏ କୋଠରୀରେ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିଲା । ନିମ୍ନରେ ଚିତ୍ର ସହ ଉକ୍ତ ଯନ୍ତ୍ରଟି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଛି । ଯନ୍ତ୍ରର ପ୍ରଧାନ ଉପକରଣ ପ୍ରାୟ 180 ସେ: ମି: ଲମ୍ବ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ PQ, କୋଠରୀର ଛାତରୁ ଝୁଲା ହୋଇଥାଏ, (ଚିତ୍ର 35) । କୋଠରୀର ବାହାରେ ଆୟୋଜିତ ଏକ ବ୍ୟବସ୍ଥାଦ୍ୱାରା ଉକ୍ତ ଦଣ୍ଡଟି ଏକ ଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ (Vertical axis) ର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଅବାଧରେ ଘୂରିପାରେ । 20ରୁ 55 ସେ: ମି: ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏବଂ ପ୍ରାୟ 350 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ସମାନ ସମାନ ଦୁଇଟି ସୀସା ଗୋଲକ (C ଓ D) ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ସାହାଯ୍ୟରେ PQ ଦଣ୍ଡର ପ୍ରାନ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ଦ୍ୱୟରୁ ଝୁଲା ହୋଇଥାଏ । PQ ଦଣ୍ଡର ଠିକ୍ ମଧ୍ୟ ବିନ୍ଦୁର ଅଳ୍ପ ତଳେ ଏକ ଟର୍ସନମୁଣ୍ଡ (torsion-head) M ଅବସ୍ଥିତ । ଏହା ମଧ୍ୟ କୋଠରୀର ବାହାରୁ ପରିଚାଳିତ



(ଚିତ୍ର 35)

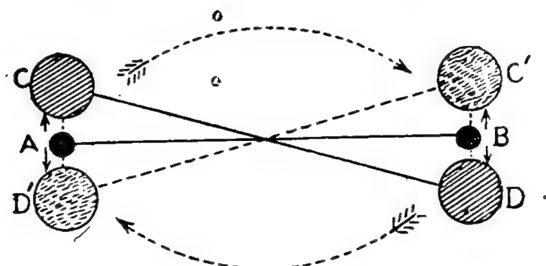
ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଶୀର୍ଷ M ରୁ PQ ଦଣ୍ଡ ଅପେକ୍ଷା ସାମାନ୍ୟ ବଡ଼ ଏକ ଦଣ୍ଡ RS ଗୋଟିଏ ସରୁ ତାର W ସାହାଯ୍ୟରେ ଝୁଲା ହୋଇଥାଏ । ଦୁଇଟି ତାର (ω, ω) ସାହାଯ୍ୟରେ ଦଣ୍ଡ RS ର ଉଭୟ ପ୍ରାନ୍ତ ଏହି W ତାର ସହ ଭୂମି ସହିତ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଏକ ଦଣ୍ଡ ସହିତ ବନ୍ଧା ହୋଇଥାଏ । ଉକ୍ତ RS ଦଣ୍ଡର ଜଡ଼ତ୍ୱ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Moment of inertia) ବୃଦ୍ଧି ନ କରି କେବଳ ତାହାର ଦୃଢ଼ତା ବୃଦ୍ଧି କରିବାପାଇଁ

ଏପରି ବ୍ୟବସ୍ଥା କରଯାଇଥାଏ । ପ୍ରାୟ 5 ସେ: ମି: ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏବଂ ପ୍ରାୟ ଦେଢ଼ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଦୁଇଟି କ୍ଷୁଦ୍ର ସୀସା ଗୋଲକ (A ଓ B), RS ଦଣ୍ଡର ପ୍ରାନ୍ତ ବିନ୍ଦୁରୁ ଏପରି ଭବରେ ଝୁଲଯାଇଥାଏ ଯେ, ଗୋଲକ ଗ୍ରଗୋଟିର (A, B, C ଓ D) କେନ୍ଦ୍ର ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ ଅବସ୍ଥାନ କରନ୍ତି ।

ଯନ୍ତ୍ରଟିର ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକ ଏପରି ଭବରେ ଖଞ୍ଜା ହୋଇଥାଏ ଯେ, ବଡ଼ ସୀସା ଗୋଲକ ଦ୍ଵୟର ଯେଉଁ ଅବସ୍ଥାନରେ ସେଗୁଡ଼ିକର କେନ୍ଦ୍ର ବିନ୍ଦୁକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳ ରେଖା RS ଦଣ୍ଡ ସହିତ ଲମ୍ବ ଭବରେ ରହେ, ସେତେବେଳେ W ତାରରେ କୌଣସି ଟର୍ସନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ନାହିଁ । RS ଦଣ୍ଡର ଉଭୟ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରଯାଇଥାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ ଭୂମିସହ ଲମ୍ବ ଭବରେ ଥିବା ଧାରକ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଏକ ସୂକ୍ଷ୍ମ ସ୍କେଲ ଉପରେ ଗତିକରିପାରେ । ତାପମାତ୍ରାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଏବଂ ତଦ୍‌ଜନିତ ବାୟୁ ସଞ୍ଚାଳନର ସମ୍ଭବ ହେତୁ ପରୀକ୍ଷାରେ ବ୍ୟାଘାତ ଜାତ ହେବା ଆଶଙ୍କାରେ କୋଠରୀଟି ବନ୍ଦ ରଖାଯାଏ ଏବଂ କୋଠରୀର କାନ୍ଥରେ ଖଞ୍ଜା ଯାଇ-ଥିବା ଦୂରବୀକ୍ଷଣ (T, T) ସାହାଯ୍ୟରେ ପରୀକ୍ଷାଟିର ପୂର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରଯାଏ ।

ପରୀକ୍ଷା —ପ୍ରଥମେ PQ ଦଣ୍ଡଟିକୁ ଘୂରଇ ଏପରି ଭବରେ ରଖାଯାଏ ଯେ, ବଡ଼ ଗୋଲକ ଦୁଇଟିର କେନ୍ଦ୍ରବିନ୍ଦୁକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖା RS ଦଣ୍ଡ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଭବରେ ରହେ; ଅର୍ଥାତ୍ ବ୍ୟବସ୍ଥାନୁଯାୟୀ W ତାରରେ କୌଣସି ଟର୍ସନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ନାହିଁ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ RS ଦଣ୍ଡର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଥିବା ଭର୍ନିୟର୍ ସ୍କେଲର ମାପ ନିଆଯାଏ । ତପରେ PQ ଦଣ୍ଡକୁ ଘୂରଇ ବଡ଼ ଗୋଲକ ଦୁଇଟିକୁ ଛୋଟ ଗୋଲକ ଦୁଇଟି ନିକଟରେ ଏପରିଭବରେ ରଖାଯାଏ ଯେ ପରସ୍ପର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଗୋଲକ ଦ୍ଵୟର କେନ୍ଦ୍ରକୁ ଯୋଗକରୁ-ଥିବା ସରଳରେଖା ଦୁଇଟି RS ଦଣ୍ଡ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହୁଏ । (ଚିତ୍ର 36 ରେ C ଓ D) ପ୍ରତ୍ୟେକ ବଡ ଗୋଲକ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ସାନ ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ଵ ମଧ୍ୟ ସମାନ ହୁଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବଡ଼ ଗୋଲକ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ସାନ ଗୋଲକକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ ।

ଆକର୍ଷଣ ବଳ ଦୁଇଟି ପରସ୍ପର ସମାନ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ ହେବାରୁ RS ଦଣ୍ଡ ଉପରେ ଏକ ଯୁଗଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ଏହି ଯୁଗଳ RS ଦଣ୍ଡଟିକୁ ଘୂରଇବାକୁ ଚେଷ୍ଟା



(ଚିତ୍ର 36)

କରେ । ଏହାଫଳରେ ତାର W ରେ ଏକ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ପ୍ରତିରୋଧ—ଯୁଗଳ (Restoring Couple) ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଯେତେବେଳେ ଏହି ପରସ୍ପର ବିରୋଧୀ ଯୁଗଳ-ଦ୍ଵୟ ସମାନ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା ଆସେ । ଗୋଲକଗୁଡ଼ିକର ଏହି ଅବସ୍ଥାନରେ ଭର୍ନିୟର୍ ସ୍କେଲରେ ମାପ ନିଆଯାଏ । ତପରେ PQ ଦଣ୍ଡଟିକୁ ଘୂରଇ ବଡ଼

ଗୋଲକ ଦୁଇଟିକୁ ଚିତ୍ର 36 ଅନୁଯାୟୀ C′ ଓ D′ ସ୍ଥାନରେ ରଖାଯାଏ । ପୂର୍ବପରି ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ବଡ଼ ଗୋଲକଦ୍ୱୟ ସାନ ଗୋଲକ ଦୁଇଟିଠାରୁ ସମାନ ସମାନ ଦୂରତ୍ୱରେ ରହେ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ କେନ୍ଦ୍ରଦ୍ୱୟକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖା ଦୁଇଟି ଦଣ୍ଡ RS ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହୁଏ । ଗୋଲକ ଗୁଡ଼ିକର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ପୁନର୍ବାର ଭର୍ନିୟର୍ ସ୍କେଲରେ ମାପ ନିଆଯାଏ । ଭର୍ନିୟର୍ ମାପଗୁଡ଼ିକରୁ RSର କୌଣକ ବିଚ୍ୟୁତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଏ । ଉକ୍ତ ପରୀକ୍ଷାରୁ Gର ମାନ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୁଏ ।

ମନେକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବଡ ଗୋଲକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ$=M$ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସାନ ଗୋଲକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ$=m$. ପରସ୍ପର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଗୋଲକଦ୍ୱୟର କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନକୁ d ଧରଯାଉ । ସୁତରାଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଯୋଡ଼ା ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ$=G\frac{Mm}{d^2}$

RS ଦଣ୍ଡର ଲମ୍ବ l ହେଲେ ଆକର୍ଷଣ ବଳଦ୍ୱାର ଗଠିତ ବିକ୍ଷେପ ଯୁଗଳ (Deflecting Couple) ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=G\frac{Mml}{d^2}$.

ଯଦି ଏହାଫଳରେ ବିକ୍ଷେପ କୋଣ (Deflecting angle) θ (ରେଡିୟାନରେ) ହୁଏ ଏବଂ ଏକକ ବିକ୍ଷେପ କୋଣ ଯୋଗୁ ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରତିରୋଧ ଯୁଗଳ C ହୁଏ, ତେବେ ସମୁଦାୟ କୌଣିକ ବିଚ୍ୟୁତି θ ଯୋଗୁ ପ୍ରତିରୋଧ ଯୁଗଳ$=C\theta$.

ଏହି ଉଭୟ ଯୁଗଳ ଯୋଗୁ ଦଣ୍ଡ RS ଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହୁଥିବାରୁ

$$\therefore \frac{Mm}{d^2} G.\, l = C\theta.$$

$$\therefore G = \frac{Cd^2}{M.m.l}\theta \ldots (1)$$

C ର ମାନ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ ନିମିତ୍ତ କେବଳ RS ଦଣ୍ଡର ଦୋଳନ କାଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହୁଏ । ଯଦି t ଦୋଳନ କାଳ ହୁଏ, ତେବେ $t=2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$

[I=ଛୋଟ ଗୋଲକଦ୍ୱୟ ସହ RS ଦଣ୍ଡର ଜଡ଼ତ୍ୱ—ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (moment of inertia)]

ବର୍ତ୍ତମାନ ସମୀକରଣ (1) ରେ C ର ମାନ ବ୍ୟବହାର କଲେ

$$G = \frac{4\pi^2\, Id^2}{M.m.lt^2}\theta$$

RS ଦଣ୍ଡର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଧର୍ତ୍ତବ୍ୟ ନ ହେଲେ $I=2m\,(l/_2)^2=\frac{ml^2}{2}$

$$\therefore G = \frac{2\pi^2 \cdot l . d^2}{Mt^2} . \ \theta.$$

କାଭେଣ୍ଡିସଙ୍କ ବାଧ୍ୟର କେତେକ ତ୍ରୁଟି :

(1) ପ୍ରତ୍ୟେକ ବଡ ଗୋଲକ ଦୂରବର୍ତ୍ତୀ ସାନ ଗୋଲକକୁ ମଧ୍ୟ ଆକର୍ଷଣ କରେ ।

(2) ବଡ ଗୋଲକ ଦୁଇଟି ଓ RS ଦଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ହୋଇଥାଏ ।

(3) ବିକ୍ଷେପ କୋଣ (Deflecting angle) θର ମାପ ପ୍ରଣାଳୀ ନିର୍ଭୁଲ ନୁହେଁ ।
(4) ପ୍ରତ୍ୟେକ ଯୋଡା ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ସ୍ୱଳ୍ପ ହୋଇଥିବାରୁ ବିକ୍ଷେପି ଯୁଗଳ (Deflecting Couple)କୁ ବଢ଼ାଇବା ପାଇଁ RS ଦଣ୍ଡଟିକୁ ଅଧିକ ଲମ୍ବ କରାଯାଏ । ଫଳରେ ଦୂରବର୍ତ୍ତୀ ଗୋଲକଗୁଡିକ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ କମିଗଲେ ମଧ୍ୟ କୋଠରୀର ଆକାର ବଢ଼ିଯିବାରୁ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ବାୟୁ ସଞ୍ଚାଳନର ପ୍ରଭାବରୁ ମୁକ୍ତ କରାଯାଇ-ପାରେ ନାହିଁ ।
(5) W ତାରଟି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ (Perfectly elastic) ହୋଇ ନ ଥିବାରୁ ବିକ୍ଷେପ କୋଣ ଟର୍କର ସମାନୁପାତୀ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ତଥାପି ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ କାଭେଣ୍ଡିସ ସଫଳତାର ସହିତ Gର ମାନ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣିତ ମାନ $6{\cdot}754 \times 10^{-8}$ ସି.ଜି.ଏସ୍. ଏକକ ।

8.4 ମହାକର୍ଷଣ ଓ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ (Gravitation and Gravity) :

ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ବିଶ୍ୱର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ଅନ୍ୟ ବସ୍ତୁକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ । ଏହି ଆକର୍ଷଣ-ବଳ ମହାକର୍ଷଣ ରୂପେ ପରିଚିତ । ପୃଥିବୀ ମଧ୍ୟ ଏହି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁକୁ ନିଜ କେନ୍ଦ୍ର ଆଡକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ । ପୃଥିବୀର ଏହି ଆକର୍ଷଣକୁ **ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ** (Gravity) କହନ୍ତି । ପୃଥିବୀ ଓ ତାହାର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ବସ୍ତୁଗୁଡିକ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ଯେ ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମର ବଶବର୍ତ୍ତୀ ଏଥିରେ ସନ୍ଦେହ ନାହିଁ । କେବଳ ଏହି ବିଶେଷ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମହାକର୍ଷଣକୁ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କୁହାଯାଇଥାଏ । ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ-ବଳହିଁ ବସ୍ତୁର ଓଜନ (weight) । ମନେକର ପୃଥିବୀ ଗୋଟିଏ ଗୋଲକ ଓ ଏହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $=R$ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ $=M$ । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ଅବସ୍ଥିତ m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ $=G\,\dfrac{Mm}{R^2}$

ପୁଣି ଏହିବସ୍ତୁ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ h ଉଚ୍ଚତାରେ ଅବସ୍ଥିତ ହେଲେ ତାହା ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ $G\,\dfrac{Mm}{(R+h)^2}$ ହେବ । ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ ବସ୍ତୁଟି ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ଉଚ୍ଚକୁ ଗଲେ ତାହା ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ କମିଯିବ । ଅତଏବ ସମୁଦ୍ରକୂଳସ୍ଥ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ଯେତେ, ସେହି ବସ୍ତୁଟିକୁ ଗୋଟିଏ ଉଚ୍ଚ ପର୍ବତ ଉପରକୁ ନେଲେ ତାହା ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ହେବ । ସୁତରାଂ ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ ସମୁଦ୍ରକୂଳରେ ଯାହାଥିଲା, ପର୍ବତ ଉପରେ ତଦପେକ୍ଷା ନିଶ୍ଚୟ କମ୍ ହେବ । ସ୍ଥାନବିଶେଷରେ ବସ୍ତୁର ଓଜନରେ ଏହିପରି ତାରତମ୍ୟ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡକୁ ଗଲେ ତାହା ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ-ବଳ କ୍ରମେ କମିବାକୁ ଲାଗେ । ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣର କୌଣସି ସତ୍ତା ନ ଥାଏ । ତେଣୁ ସେଠାରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଓଜନ ନାହିଁ ।

8.5 ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ (Acceleration due to gravity) :

ପୂର୍ବେ କୁହାଯାଇଅଛି ଯେ ବଳ ବସ୍ତୁର ସମଗତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆଣେ । ତେଣୁ ତଳକୁ ପଡିବା ସମୟରେ ବସ୍ତୁର ସମଗତିରେ ଯେଉଁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ତାହା କେବଳ

ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ-ବଳ ଯୋଗୁଁହିଁ ସଂଘଟିତ ହୁଏ । ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ-ବଳ ଫଳରେ ତଳକୁ ପଡିଲା ବେଳେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ସମାନ ରହିପାରେ ନାହିଁ । ଏହା କ୍ରମଶଃ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବାକୁ ଲଗେ । ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଏହା ସମଭବରେ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ପତିତ ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ହୁଏ । ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ପତିତ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ବୃଦ୍ଧି ହାରକୁ **ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ** (Acceleration due to gravity) କହନ୍ତି । ଏହା ସାଧାରଣତଃ g ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ $P=mf$ ବା $f=\frac{p}{m}$

$$\text{ପତିତ ବସ୍ତୁ କ୍ଷେତ୍ରରେ } g = \text{ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ} = \frac{\text{ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ}}{\text{ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}$$

ପୂର୍ବେ କୁହାଯାଇଛି ଯେ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ଅବସ୍ଥିତ m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ

$$\text{ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ} = G\frac{Mm}{R^2}.$$

$$\text{ଅର୍ଥାତ୍ } mg = G\frac{M.m}{R^2}$$

$$g = G\frac{M.m}{mR^2} = \frac{GM}{R^2}$$

[M=ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ
R=ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ
m=ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ]

ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାର କଥା ଯେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ ପତିତ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ-ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ପାଇଁ ସମାନ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ତଥ୍ୟ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ 'ଗିନି ଓ ପର' ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ପ୍ରମାଣିତ ହୋଇଥାଏ । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ g ର ମାନ ନିର୍ଭର କରେ ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ଦୂରତ୍ୱ (R) ଉପରେ । ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ M ଓ ବିଶ୍ୱମହାକର୍ଷ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ G ର ମାନରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ସୁତରାଂ $g \propto \frac{1}{R^2}$ । ଅର୍ଥାତ୍ R ର ମାନ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ g ର ମାନ କମିବ ଏବଂ R ର ମାନ କମିଲେ g ର ମାନ ବଢ଼ିବ । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠର ବିଭିନ୍ନ ଅକ୍ଷାଂଶରେ R ର ମାନ ବିଭିନ୍ନ ହୋଇଥିବାରୁ g ର ମାନ ମଧ୍ୟ ବିଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ବିଷୁବରେଖାଠାରେ R ର ମାନ ସର୍ବାଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ସେଠାରେ g ର ମାନ ସର୍ବନିମ୍ନ ଓ ମେରୁଠାରେ R ର ମାନ ସର୍ବନିମ୍ନ ହୋଇଥିବାରୁ ସେଠାରେ g ର ମାନ ସର୍ବାଧିକ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ h ଉଚ୍ଚତାରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ g ର ମାନ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରଯାଉ । ମନେକର ଏହି ସ୍ଥାନରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m । ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମାନୁସାରେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ $=G\frac{Mm}{(R+h)^2}$ ତେଣୁ $g=G\frac{M}{(R+h)^2}$ ଅର୍ଥାତ୍ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠ ଅପେକ୍ଷା ଏଠାରେ g ର ମାନ କମ୍ ହେବ । ସୁତରାଂ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ଯେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଯିବା g ର ମାନ ସେତେ କମ୍ ହେବ ।

ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ g ର ହାରାହାରି ମାନ 980 ସେ. ମି. / ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ ବା 32 ଫୁଟ / ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ ।

ପୃଥିବୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ g ର ମାନ କ୍ରମେ କମିବାକୁ ଲାଗେ ଏବଂ କେନ୍ଦ୍ରଠାରେ g=0 । ମୋଟ ଉପରେ କହିବାକୁ ଗଲେ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ g ର ମାନ ସର୍ବାଧିକ । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ଯେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଯିବା କିମ୍ବା ପୃଥିବୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଯେତେ ଦୂରକୁ ଯିବା g ର ମାନ କ୍ରମେ କମିବାକୁ ଲାଗିବ ।

8.6 ବସ୍ତୁତ୍ୱ (mass) ଓ ଗୁରୁତ୍ୱ ବା ଓଜନ (weight) :

ବସ୍ତୁତ୍ୱ (mass)—ବସ୍ତୁରେ ପଦାର୍ଥର ପରିମାଣକୁ **ବସ୍ତୁତ୍ୱ** କହନ୍ତି । କୌଣସି ଅବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । ଏପରିକି ଯଦି କୌଣସି କାରଣରୁ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଲୁପ୍ତ ହୋଇଯାଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁର ଓଜନ ଲୋପ ପାଇଯିବ ସିନା; ମାତ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ନାହିଁ; କିନ୍ତୁ ଆଧୁନିକ ଗବେଷଣାରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ବସ୍ତୁର ଗତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଫଳରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ । ଏ ବିଷୟରେ ବିସ୍ତାରିତ ଆଲୋଚନା ଅନ୍ୟତ୍ର ଦିଆଯାଇଛି । ତେଣୁ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯେ ନିତ୍ୟ ତାହା ଆପାତତଃ ଧରି ନେବାକୁ ହେବ ।

ଓଜନ (weight)—ବସ୍ତୁର ଗୁରୁତ୍ୱ ବା ଓଜନ ତାହାର ସହଜାତ ବା ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ଗୁଣ ନୁହେଁ । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ବା ସନ୍ନିକଟରେ ଅବସ୍ଥିତ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପୃଥିବୀର ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ, ତାହାକୁ ବସ୍ତୁର **ଗୁରୁତ୍ୱ** ବା **ଓଜନ** କହନ୍ତି । ମୋଟ ଉପରେ ଗୁରୁତ୍ୱ ବା ଓଜନ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଜନିତ ଏକ ବଳ । ଯଦି କୌଣସି ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ଓ ସ୍ଥାନୀୟ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ g ହୁଏ, ତେବେ ସେହି ସ୍ଥାନରେ ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ, $w=mg$ ହେବ । $w=mg$ ସମୀକରଣଟିକୁ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୀତ $P=mf$ ସମୀକରଣ ସହିତ ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ । g ର ମାନ ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିବାରୁ ବସ୍ତୁର ଓଜନ ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ବିଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ପୁଣି କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ଯଦି ଚନ୍ଦ୍ରକୁ ନିଆଯାଏ, ସେଠାରେ ତାହାର ଓଜନ ପାର୍ଥିବ ଓଜନର $\frac{1}{6}$ ହେବ । କାରଣ ଚନ୍ଦ୍ର ପୃଷ୍ଠରେ ଚନ୍ଦ୍ରର ଆକର୍ଷଣଜନିତ ତ୍ୱରଣ ପୃଥିବୀର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣର $\frac{1}{6}$ । ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସର୍ବକ୍ଷେତ୍ରରେ ସମାନ ରହିଲେ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାନବିଶେଷରେ ବସ୍ତୁର ଓଜନରେ ତାରତମ୍ୟ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ।

8.7 ପତିତ ବସ୍ତୁର ନିୟମାବଳୀ (Laws of falling bodies) :

ନିମ୍ନଗାମୀ ଓ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗାମୀ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁର ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ-ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ଆବହମାନ କାଳରୁ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ପତିତ ବସ୍ତୁର ଗତି ବିଷୟରେ ଜାଣିବାପାଇଁ ଆଗ୍ରହୀ ଥିଲେ । ଷୋଡ଼ଶ ଶତାବ୍ଦୀରେ ତତ୍‌କାଳୀନ ବିଶିଷ୍ଟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗ୍ୟାଲିଲିଓ ଇଟାଲୀରେ ଅବସ୍ଥିତ ବିଖ୍ୟାତ ଟାୱାର୍ (Tower) ଉପରୁ ଦୁଇଟି ଭରି ବସ୍ତୁକୁ (ଗୋଟିଏ ବଡ଼ ଓ ଅନ୍ୟଟି ଅପେକ୍ଷାକୃତ ସାନ) ଏକ ସଙ୍ଗେ ତଳକୁ ପକାଇ ଦେଖାଇଥିଲେ ଯେ ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟି ଏକା ସମୟରେ ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କରେ । ପରବର୍ତ୍ତୀକାଳରେ ନିଉଟନ୍ ମଧ୍ୟ ତାଙ୍କର 'ଗିନି ଓ ପର' ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହାର ସତ୍ୟତା ପ୍ରମାଣ କଲେ । ଫଳରେ ପତିତ ବସ୍ତୁର ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ନିୟମାବଳୀ ସୁସମ୍ବଦ୍ଧ ହେଲା ।

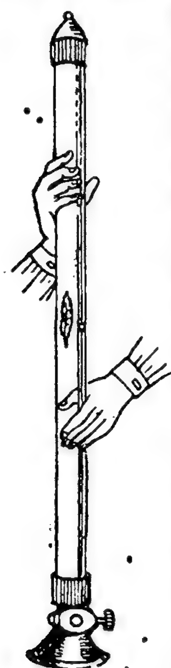
ନିୟମାବଳୀ–(1) ଅବାଧରେ ପତିତ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ସମତ୍ୱରଣରେ ନିମ୍ନଗାମୀ ହୁଅନ୍ତି ।

(2) ପତନ କାଳରେ ବସ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ ସେଥିନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟର ବର୍ଗାନୁପାତୀ ।

(3) ପତନ କାଳରେ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ସମୟର ସମାନୁପାତୀ ହୋଇଥାଏ ।

ନିୟମାବଳୀର ଆଲୋଚନା–(1) ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁପାଇଁ ସମାନ, କିନ୍ତୁ ଆମ୍ଭେମାନେ ସାଧାରଣତଃ ଦେଖୁଁ ଯେ ଉପରୁ ଗୋଟିଏ ପଥର ଓ ଖଣ୍ଡେ କାଗଜକୁ ଏକ ସଙ୍ଗେ ପକାଇଲେ ପଥରଟି ପ୍ରଥମେ ଆସି ଭୂମି ଉପରେ ପଡ଼େ ଓ ଏହାର କିଛି ସମୟପରେ କାଗଜ ଆସି ପହଞ୍ଚେ । ବାୟୁର ବାଧା (resistance) ଯୋଗୁଁ ଏପରି ହୋଇଥାଏ । ବାୟୁର ବାଧା କାଗଜର ନିମ୍ନଗତିକୁ ପଥରଟିର ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ପ୍ରତିହତ କରେ; କିନ୍ତୁ ବାୟୁଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ଉଭୟ ଏକ ସମୟରେ ଆସି ପହଞ୍ଚିବେ । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ 'ଗିନି ଓ ପର' ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଏହା ପ୍ରମାଣିତ ହୋଇପାରେ ।

ଗୋଟିଏ ଏକ ମିଟର ଲମ୍ବ କାଚନଳ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ପରୀକ୍ଷାଟି କରାଯାଇପାରେ । ନଳଟିର ଗୋଟିଏ ମୁହଁ ବନ୍ଦ ଓ ଅନ୍ୟ ମୁହଁଟି ଖୋଲା । ଖୋଲା ମୁହଁଟିରେ ଷ୍ଟପ୍ କକ୍ (Stop-cock)ର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଥାଏ (ଚିତ୍ର 37) । କାଚନଳ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ପର ଓ ଗୋଟିଏ ମୁଦ୍ରା ରଖାଯାଇଥାଏ । ହଠାତ୍ ନଳଟିକୁ ଓଲଟାଇ ଦେଲେ ପର ଓ ମୁଦ୍ରା ଏକ ସଙ୍ଗେ ନଳର ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡରେ ପହଞ୍ଚିବ ନାହିଁ । ମୁଦ୍ରାଟି ପ୍ରଥମେ ପହଞ୍ଚିବ । ବାୟୁର ବାଧା ଯୋଗୁଁ ଏପରି ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ନିଷ୍କାସକ ପମ୍ପ (Vacuum pump) ସାହାଯ୍ୟରେ ନଳ ମଧ୍ୟରୁ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ କରିନେଇ ଏହି ପରୀକ୍ଷାଟି କଲେ ମୁଦ୍ରା ଓ ପର ଏକ ସମୟରେ ନଳର ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡରେ ପହଞ୍ଚିବେ । ନିଉଟନ୍ ଏହି ପରୀକ୍ଷାଟିରେ ଗୋଟିଏ ଗିନି ବ୍ୟବହାର କରିଥିଲେ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ପ୍ରମାଣିତ ହୁଏଯେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପତିତ ବସ୍ତୁ ସମାନ ତ୍ୱରଣରେ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ପଡ଼ନ୍ତି । ଗୋଟିଏ ରୂପା ବା ଧାତବ ଚକତି ସାହାଯ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ ଉପରୋକ୍ତ ନିୟମଟି ପ୍ରମାଣ କରାଯାଇପାରେ ।



(2) ପତନ କାଳରେ ପତିତ ବସ୍ତୁ ଯଦି ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ x ବାଟ ଯାଏ, ତେବେ ତାହା ଦୁଇ ସେକେଣ୍ଡରେ $x \times 2^2$ ଦୂରତ୍ୱ ଓ ତିନି ସେକେଣ୍ଡରେ $x \times 3^2$ ଦୂରତ୍ୱ ଅତିକ୍ରମ କରିବ ।

ଯଦି ପତିତ ବସ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥକୁ 's' ଏବଂ ଏଥିପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟକୁ 't' ଧରାଯାଏ, ତେବେ ପତିତ ବସ୍ତୁର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମାନୁସାରେ $s \propto t^2$ ।

(3) ପତନ କାଳରେ ପତିତ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଯଦି x ସେ: ମି: / ସେକେଣ୍ଡ ହୁଏ, ତେବେ ଦୁଇ ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଏହାର ପରିବେଗ 2x ସେ: ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ଏବଂ ତିନି ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଏହାର ପରିବେଗ 3x ସେ: ମି:/ ସେକେଣ୍ଡ ହେବ । ଯଦି ପତିତ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗକୁ 'v' ଓ ସମୟକୁ 't' ଧରାଯାଏ, ତେବେ ପତିତ ବସ୍ତୁର ତୃତୀୟ ନିୟମାନୁସାରେ $v \propto t$ ।

(ଚିତ୍ର 37)

୫.୫ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣାଧୀନ ବସ୍ତୁର ଗତି ସମୀକରଣାବଳୀ :

ପତିତ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ଅବାଧରେ ତଳକୁ ଖସିଲେ ଅର୍ଥାତ୍ $u=0$ ହେଲେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହୁଏ ।

1. $v=gt$
2. $h=\frac{1}{2}gt^2$
3. $v^2=2gh.$

h ହେଲା ପତନ ଦୂରତା ।

ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗାମୀ ବସ୍ତୁ—ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗାମୀ ବସ୍ତୁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତିର ସମୀକରଣାବଳୀର f ସ୍ଥାନରେ $(-g)$ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଯଦି ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ଏକ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗରେ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ନିକ୍ଷେପ କରଯାଏ, ତେବେ ତାହାର $(-g)$ ତ୍ୱରଣ ହୁଏ, ତେଣୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣାବଳୀ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହୁଏ ।

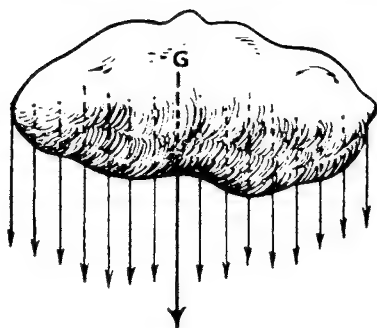
(1) $v=u-gt$

(2) $h=ut-\frac{1}{2}gt^2$

(3) $v^2=u^2-2gh$

8.9 ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର (Centre of gravity) :

ଓଜନ, ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଆଡ଼କୁ ଆକର୍ଷଣ ବଳ । ଏହି ବଳ ବସ୍ତୁର କେଉଁ ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୁଏ ? ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମାନୁଯାୟୀ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠର ବା ତାହାର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଯେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକା (Particle) ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ଆକୃଷ୍ଟ ହୁଏ । କାରଣ ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକାର ଓଜନ ଅଛି । କଣିକା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଏହି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ କଣିକାର ଓଜନ । ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ର ବହୁ ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିବାରୁ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳଗୁଡ଼ିକୁ ସମାନ୍ତର ବଳରୂପେ ଗ୍ରହଣ କରଯାଇପାରେ (ଚିତ୍ର 38) । ସମାନ୍ତର ବଳ ନିୟମାନୁସାରେ ଏହି ବଳଗୁଡ଼ିକୁ ସଂଯୋଜିତ କରି ସେମ୍ାନଙ୍କର ଏକ ପରିଣାମୀ ବଳ (Resultant force) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇପାରେ । ଏହି ପରିଣାମୀ ବଳହିଁ ବସ୍ତୁର ଗୁରୁତ୍ୱ ବା ଓଜନ ।



(ଚିତ୍ର 38)

ନିମ୍ନାଭିମୁଖୀ ଏହି ପରିଣାମୀ ବଳ ବସ୍ତୁର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁ (ଚିତ୍ର G ରେ) କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ଏହି ବିନ୍ଦୁକୁ ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର (Centre of gravity) କହନ୍ତି । ବସ୍ତୁର କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଜନିତ ସମାନ୍ତର ବଳ ସମୂହର ପରିଣାମୀ ବଳ ବସ୍ତୁର ଯେ କୌଣସି ଅବସ୍ଥିତିରେ ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟଦେଇ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ, ତାହାକୁ ବସ୍ତୁର **ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର** କହନ୍ତି । ଅର୍ଥାତ ଏହି ବିନ୍ଦୁରେ ବସ୍ତୁର ସମସ୍ତ ଓଜନ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବାର ଧାରଣା କରିଯାଏ ।

8.10 କେତୋଟି ସମମିତ (Symmetrical) ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରର ଅବସ୍ଥିତ :

ସମମିତ ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଅନାୟାସରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଇପାରେ ।

(i) ସମଘନ ତାର, ଦଣ୍ଡ ବା ରଡ୍‌ର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ତାହାର ଅକ୍ଷର ମଧ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ ।

(ii) ସାମନ୍ତରିକ ଚତୁର୍ଭୁଜର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ତାହାର କର୍ଣ୍ଣଦ୍ୱୟର ଛେଦ ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ ।

(iii) ଗୋଲକର କିମ୍ବା ବଳୟର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ତାହାର ଜ୍ୟାମିତିକ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ।

8.11 ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କେତୋଟି ତଥ୍ୟ

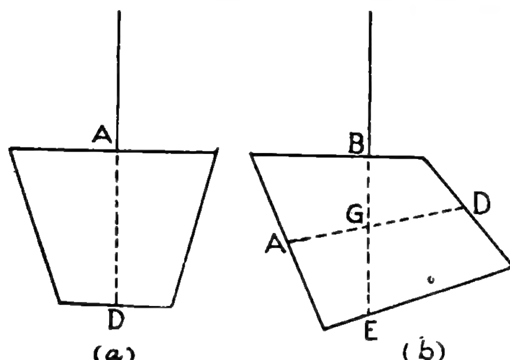
ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଆକାର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଥିଲେ ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରହେ । ବସ୍ତୁ ବିଶେଷରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରର ଅବସ୍ଥିତି ବିଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । କେତେକ ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ହୋଇଥାଏ । କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହାର ଅବସ୍ଥିତି ବସ୍ତୁର ବାହାରେ ମଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । ଉଦାହରଣସ୍ୱରୂପ, ଗୋଟିଏ ବଳୟର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ତାହାର ଜ୍ୟାମିତିକ କେନ୍ଦ୍ରଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ; କିନ୍ତୁ ଏହି ଜ୍ୟାମିତିକ କେନ୍ଦ୍ର ବଳୟର କୌଣସି ଅଂଶରେ ନ ରହି ଶୂନ୍ୟରେ ଥାଏ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ଥାଇ ମଧ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଆକାର ବା ଆୟତନର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ତାହାର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରର ଅବସ୍ଥିତି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ସରଳ ଦଣ୍ଡର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଦଣ୍ଡର ଠିକ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥଳରେ ଅବସ୍ଥିତ; କିନ୍ତୁ ଏହି ଦଣ୍ଡଟିକୁ ବଙ୍କାଇ ଗୋଟିଏ ବଳା ତିଆରି କଲେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ବଳାର ଜ୍ୟାମିତିକ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଅବସ୍ଥାନ କରିବ, ଅର୍ଥାତ୍ ଦଣ୍ଡର କୌଣସି ଅଂଶରେ ନ ରହି ଶୂନ୍ୟରେ ରହିବ ।

ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରରେ ବସ୍ତୁର ଓଜନ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବାରୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଏକ ସମମାନର ବିପରୀତମୁଖୀ ବଳ ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁଟିକୁ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ (equilibrium) ରଖାଯାଇପାରେ । ଅର୍ଥାତ୍ କୌଣସି ଦୃଢ଼ବସ୍ତୁ (Rigid body)କୁ ତାହାର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରଠାରେ ଆଲମ୍ବିତ କରାହେଲେ ତାହା ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହେ କାରଣ ଆଲମ୍ବର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନର ସମମାନର ଏକ ବିପରୀତମୁଖୀ ବଳ ଯୋଗାଇଥାଏ । ସେହିପରି କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ଅବାଧିତ ଭବରେ ଝୁଲାଇଦେଲେ ତାହାର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଝୁଲଣ ବିନ୍ଦୁ (Point of suspension)ର ତଳକୁ ଏକ ସରଳ-ରେଖାରେ ରହେ, କାରଣ ବସ୍ତୁଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଥାଏ ।

8.12 ଅସମ (irregular) ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ପୂର୍ବେ କୁହାଯାଇଛି ଯେ କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ଅବାଧ ଭବରେ ଝୁଲାଇ ଦେଲେ ଯେଉଁ ଅବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁଟି ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହେ ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣକେନ୍ଦ୍ର ଝୁଲଣ ବିନ୍ଦୁର ତଳକୁ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ଅବସ୍ଥାନ କରେ । ଏହି ତଥ୍ୟ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ଅସମ ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣକେନ୍ଦ୍ର ସହଜରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ମନେକର

ଗୋଟିଏ ଅସମଆକାରର ଅତିପାତଳ କାର୍ଡବୋର୍ଡ ବା ଟିଣ ପାତିଆର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ-କେନ୍ଦ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ବସ୍ତୁର ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରେ (ଚିତ୍ର 39 a) ସୂତା ବାନ୍ଧି ତାହାକୁ ଅବାଧ ଭବରେ ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ । ବସ୍ତୁଟି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିଲାପରେ ସୂତା ସହିତ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ଗାର ଟାଣିବା ଦରକାର । ବସ୍ତୁଟିର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଏହି ଗାର AD ଉପରେ କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନରେ ନିଶ୍ଚୟ ଅବସ୍ଥିତ । ତତ୍‌ପରେ ବସ୍ତୁଟିର ଅନ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥାନ B ରେ ସୂତାବାନ୍ଧି ବସ୍ତୁଟିକୁ ଝୁଲାଇବାକୁ ହୁଏ



(ଚିତ୍ର 39)

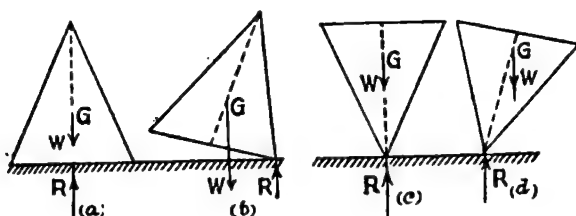
(ଚିତ୍ର 39 b) ଓ ପୂର୍ବପରି ସୂତାର ଠିକ୍ ସିଧାରେ ଗାର ଟାଣିବାକୁ ପଡ଼େ । ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣକେନ୍ଦ୍ର ଏହି ଗାର ଉପରେ ମଧ୍ୟ କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଅତଏବ ଗାର ଦୁଇଟିର ଛେଦବିନ୍ଦୁ G ନିଶ୍ଚୟ ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ।

8.13 ବସ୍ତୁର ସାମ୍ୟ (ସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟ, ଅସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟ ଓ ନିରପେକ୍ଷ ସାମ୍ୟ)—
(Equilibrium of bodies—Stable. unstable and neutral Equilibrium)

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଏକାଧିକ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବା ସତ୍ତ୍ୱେ ଯଦି ବସ୍ତୁଟି ସ୍ଥିର ରହେ, ତେବେ ବସ୍ତୁଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା (equilibrium) ରେ ଅଛି ବୋଲି ଆମେ କହୁଁ । ଅର୍ଥାତ୍ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପରିଣାମୀ ବଳ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଥିବାରୁ ଏବଂ କୌଣସି ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (moment) କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉ ନ ଥିବାରୁ ବସ୍ତୁର ଚଳନ ବା ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଗତି ହୁଏ ନାହିଁ ।

ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ସାମାନ୍ୟ ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତ କରଗଲେ ବସ୍ତୁଟି ଯଦି ତାହାର ପୂର୍ବ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରିଆସେ, ତେବେ ବସ୍ତୁର ଏପରି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାକୁ **ସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟ** (Stable equilibrium) କୁହାଯାଏ । ଯଦି ସାମାନ୍ୟ ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତିପରେ ବସ୍ତୁଟି ପୂର୍ବାବସ୍ଥାକୁ ନଫେରି ବରଂ ପୂର୍ବାବସ୍ଥାରୁ ଅଧିକ ବିଚ୍ୟୁତ ହୁଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁର ଏପରି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାକୁ **ଅସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟ** (Unstable equilibrium) କହନ୍ତି । ଯଦି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ବସ୍ତୁଟି ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି ପରେ ପୂର୍ବାବସ୍ଥାକୁ ଫେରେ ନାହିଁ କି ପୂର୍ବାବସ୍ଥାରୁ ଅଧିକ ବିଚ୍ୟୁତ ହୁଏ ନାହିଁ; ଅର୍ଥାତ ନୂତନ ଅବସ୍ଥାରେ ମଧ୍ୟ ଏହାର ସାମ୍ୟ ରକ୍ଷା କରେ

ବସ୍ତୁର ଏପରି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାକୁ **ନିରପେକ୍ଷ ସାମ୍ୟ** (Neutral equilibrium) କୁହାଯାଏ । ଚିତ୍ର 40 (a) ରେ ଗୋଟିଏ ଶଙ୍କୁ (Cone) ଟେବୁଲ ଉପରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ଏଠାରେ ଶଙ୍କୁଟିର ଭୂମି (base) ଟେବୁଲ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଅଛି । ଶଙ୍କୁର ଓଜନ W ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର G ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଟେବୁଲର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା R ତାହାର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଏକ ସରଳରେଖାରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଅଛି । ଉଭୟର ମାନ ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ ଶଙ୍କୁଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ଶଙ୍କୁଟିକୁ ସାମାନ୍ୟ ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତ କଲେ ଚିତ୍ର 40 (b) ଶଙ୍କୁଟି ତା'ର ପୂର୍ବାବସ୍ଥାକୁ ଫେରି ଆସିବ । ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତ ହେବା ମାତ୍ରେ ଶଙ୍କୁର ଓଜନ W ଏବଂ ଟେବୁଲର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା R ଏକ ସରଳରେଖାରେ ରହି ନ ପାରି ଗୋଟିଏ ଯୁଗଳ (Couple) ସୃଷ୍ଟି କରେ ଓ ସେହି ଯୁଗଳ ଶଙ୍କୁଟିକୁ ପୂର୍ବାବସ୍ଥାକୁ ଫେରାଇ ଆଣିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ । ତେଣୁ ଚିତ୍ର 40 (a) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ଶଙ୍କୁର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାକୁ ସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

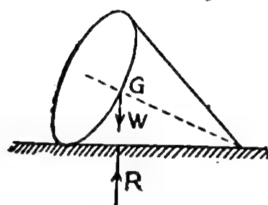


(ଚିତ୍ର 40)

ଚିତ୍ର 40 (c) ରେ ମଧ୍ୟ ଶଙ୍କୁଟି ଟେବୁଲ ଉପରେ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ଏଠାରେ ଶଙ୍କୁର ଶୀର୍ଷ ବିନ୍ଦୁ (apex) ଟେବୁଲ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଅଛି । ଶଙ୍କୁଟିକୁ ସାମାନ୍ୟ ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତ କଲେ ଶଙ୍କୁଟି ପୂର୍ବାବସ୍ଥାକୁ ଫେରି ପାରିବ ନାହିଁ, ବରଂ ପୂର୍ବାବସ୍ଥାରୁ ଅଧିକ ବିଚ୍ୟୁତ ହେବ (ଚିତ୍ର 40 (d)) । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶଙ୍କୁର ଓଜନ W ଓ ଟେବୁଲର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା R ଏକ ସରଳରେଖାରେ ନ ରହିବା ଫଳରେ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ଯୁଗଳ ଶଙ୍କୁକୁ ତାହାର ପୂର୍ବସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରୁ ଅଧିକ ବିଚ୍ୟୁତ କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ । ଫଳରେ ଶଙ୍କୁଟି ଟେବୁଲ ଉପରେ ପଡ଼ିଯାଏ, ତେଣୁ ଚିତ୍ର 40 (c) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ଶଙ୍କୁର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାକୁ ଅସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟ କହନ୍ତି । ଏଠାରେ ଶଙ୍କୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରର ଅବସ୍ଥିତିକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା କଥା । ସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଶଙ୍କୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଟେବୁଲଠାରୁ ଯେତେ ଉଚ୍ଚତାରେ ଥିଲା ଅସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ତାହାଠାରୁ ଅଧିକ ଉଚ୍ଚରେ ଅବସ୍ଥିତ ।

ଚିତ୍ର 41 ରେ ମଧ୍ୟ ଶଙ୍କୁଟି ଟେବୁଲ ଉପରେ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ଏଠାରେ ଶଙ୍କୁର ପାର୍ଶ୍ୱଦେଶ ଟେବୁଲର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଅଛି ।

ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ଶଙ୍କୁଟିକୁ ଟେବୁଲ ଉପରେ ଗଡ଼ାଇ ଦେଲେ ତାହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅବସ୍ଥିତିରେ ଶଙ୍କୁର ଓଜନ W ଓ ଟେବୁଲର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା R ଏକ ସରଳ ରେଖାରେ ରହିବ । ତେଣୁ ଯେ କୌଣସି ନୂତନ ଅବସ୍ଥାନରେ ଶଙ୍କୁଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାଧୀନ ହେବ । ଶଙ୍କୁର ଏପରି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାକୁ ନିରପେକ୍ଷ ସାମ୍ୟ କହନ୍ତି । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶଙ୍କୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ସର୍ବଦା ଏକ ଉଚ୍ଚତାରେ ରହେ । ଶଙ୍କୁଟିକୁ ଗଡ଼ାଇ ଦେଲେ ମଧ୍ୟ ତାହାର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରର ଉଚ୍ଚତାରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ।



(ଚିତ୍ର 41)

ଏହି ତିନିପ୍ରକାର ସାମ୍ୟର ମୂଳରେ ବସ୍ତୁର ଏକ ସାଧାରଣ ଧର୍ମ ନିହିତ । **ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରର ପ୍ରବୃତ୍ତି ହେଉଛି ସର୍ବଦା ନିମ୍ନତମ ଉଚ୍ଚତାରେ ଅବସ୍ଥାନ କରିବା ।** ଗୋଟିଏ ବୋତଲକୁ ଉପରମୁହାଁ କରି ରଖିଲେ ତାହା ସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହେ; କିନ୍ତୁ ତଳମୁହାଁ କରି ରଖିଲେ ତାହା ଅସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହେ । କାରଣ ଦ୍ୱିତୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ ବୋତଲର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଉଚ୍ଚରେ ଅବସ୍ଥାନ କରେ ।

ଉଦାହରଣ

(1) ଗୋଟିଏ କୂପ ମଧ୍ୟକୁ ପଥରଟିଏ ପକାଗଲା । ଜଳ ପତନରେ ପହଞ୍ଚିବା ସମୟରେ ପଥରଟିର ପରିବେଗ ଯଦି 80 ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ ହୋଇଥାଏ ତେବେ କୂପର ଗଭୀରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ($g=32$ ଫୁଟ / ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

ମନେକର କୂପର ଗଭୀରତା $=h$

ଏଠାରେ ପଥରଟିର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ $u=0$

ଏହାର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ $v=80$ ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ । ପଥରଟି ସିଧାଭାବରେ ତଳକୁ ଗତି କରୁଥିବାରୁ ତାହାର ତ୍ୱରଣ ସ୍ଥାନୀୟ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ ସହିତ ସମାନ ।

$v^2=u^2+2gh$ ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କଲେ

$(80)^2=0+2.32\ h$

ବା $80\times80=64h$

ବା $h=\dfrac{80\times80}{64}=100$ ଫୁଟ

$\therefore$ କୂପର ଗଭୀରତା 100 ଫୁଟ । (ଉତ୍ତର)

(2) ଗୋଟିଏ ପର୍ବତ ଶିଖରରୁ 48 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ପରିବେଗରେ ଗୋଟିଏ ଢେଲାକୁ ଉପରକୁ ନିକ୍ଷେପ କରାଗଲା । ଢେଲାଟି 8 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କରିଥିଲେ, ପର୍ବତର ଉଚ୍ଚତା କେତେ ?

($g=32$ ଫୁଟ / ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

ଢେଲାଟିର କିଛି ସମୟ ପାଇଁ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ଓ କିଛି ସମୟ ପାଇଁ ନିମ୍ନଗତି ହୋଇଥିଲା ।

ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ସମୟରେ ଏହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବେଗ, $u=48$ ଫୁଟ / ସେକେଣ୍ଡ

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତ୍ୱରଣ $=-g=-32$ ଫୁଟ / ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ

ଅନ୍ତିମ ବେଗ $v=0$ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଢେଲାଟି ଉପର ଆଡ଼କୁ ଗତି କରିବ ।

ମନେକର ଏହା h ଉଚ୍ଚତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗତି କରିବ ।

$v^2=u^2+2gh$

ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପାଇବା $0=(48)^2+2(-32)h$

ବା $64h=48\times48$

ବା $h=\dfrac{48\times48}{64}=36$ ଫୁଟ

ଅଥାତ୍ ଢେଲଟି ପର୍ବତ ଉପରୁ 36 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଗତି କରିବ ।
ବର୍ତ୍ତମାନ ଏଥିପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ
$v=u+gt$ ସମୀକରଣ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉ ।
ସୁତରାଂ $0=48+(-32)t$

ବା $t=\frac{48}{32}=\frac{3}{2}$ ସେକେଣ୍ଡ

ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ ଢେଲଟି 8 ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରୁ $\frac{3}{2}$ ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ଉପର ଆଡ଼କୁ ଗତି କରିଛି । ଅବଶିଷ୍ଟ ସମୟ $8-3/2=\frac{13}{2}$ ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ତାହାର ନିମ୍ନଗତି ହୋଇଥିଲା । ବର୍ତ୍ତମାନ $\frac{13}{2}$ ସେକେଣ୍ଡରେ ଢେଲଟି କେତେବାଟ ତଳକୁ ଖସିବ ସ୍ଥିର କରାଯାଉ ।

ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ସମୟରେ ଢେଲଟିର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ, ନିମ୍ନଗତି ସମୟରେ ତାହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ ହେବ ।

ତେଣୁ $u=0$, $t=\frac{13}{2}$ ଓ $f=g=32$ ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ
$S=ut+\frac{1}{2}gt^2$ ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କଲେ, ଆମେ ପାଇବା

$$S=0\cdot t+\frac{1}{2}32t^2$$
$$=\frac{32\times13\times13}{2\times2\times2}=676 \text{ ଫୁଟ ।}$$

ଢେଲଟି 676 ଫୁଟ ତଳକୁ ଖସିବ । ସେଥିରୁ ଢେଲଟି ଯେତେବାଟ ଉପର ଆଡ଼କୁ ଗତି କରିଛି ଅନ୍ତର କଲେ ପର୍ବତର ଉଚ୍ଚତା ମିଳିବ ।

∴ ପର୍ବତର ଉଚ୍ଚତା=676—36=640 ଫୁଟ (ଉତ୍ତର)

ସାରାଂଶ

ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମ :

ବିଶ୍ୱରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ଅନ୍ୟ ବସ୍ତୁକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ । ଏହି ଆକର୍ଷଣ ବଳ ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୁଣଫଳର ସମାନୁପାତୀ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଦୂରତ୍ୱର ବର୍ଗର ବିଷମାନୁପାତୀ ।

ପୃଥିବୀ ମଧ୍ୟ ଏହି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁକୁ ନିଜ କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ । ପୃଥିବୀର ଏହି ଆକର୍ଷଣକୁ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କହନ୍ତି । ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳଯୋଗୁଁ ପତିତ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ବୃଦ୍ଧିହାରକୁ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ (Acceleration due to gravity) କହନ୍ତି ।

ପତିତ ବସ୍ତୁର ନିୟମାବଳୀ—(1) ଅବାଧରେ ପତିତ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ସମତ୍ୱରଣରେ ନିମ୍ନଗାମୀ ହୁଅନ୍ତି ।

(2) ପତନ କାଳରେ ବସ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟର ବର୍ଗାନୁପାତୀ ।

(3) ପତନ କାଳରେ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ସମୟର ସମାନୁପାତୀ ହୋଇଥାଏ ।

ବସ୍ତୁର କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଜନିତ ସମାନ୍ତର ବଳ ସମୂହର ପରିଣାମୀ ବଳ ବସ୍ତୁର ଯେକୌଣସି ଅବସ୍ଥିତିରେ ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟ ଦେଇ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ତାହାକୁ ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର (Centre of gravity) କହନ୍ତି ।

ତିନୋଟି ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁ ରହିପାରେ—ସ୍ଥାୟୀସାମ୍ୟ, ଅସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟ ଓ ନିରପେକ୍ଷ ସାମ୍ୟ (Stable, Unstable and neutral equilibrium)

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ମହାକର୍ଷଣ ଓ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ ଦର୍ଶାଅ । ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ କ'ଣ ?

   29.4 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ପରିବେଗରେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ଉପରକୁ ନିକ୍ଷେପ କରଗଲେ, ଏହା କେତେ ଉପରକୁ ଯିବ ? (ଉ: 44.1 ମିଟର)

2. ଓଜନ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ବସ୍ତୁର ଓଜନ କେଉଁଠାରେ ଅଧିକ ହେବ—ବିଷୁବ ରେଖାରେ ନା ମେରୁ ଠାରେ ? କାରଣ ସହ ଉତ୍ତର ଦିଅ ।

3. ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର କାହାକୁ କହନ୍ତି ? ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇ ପାରିବ ?

4. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ନିକ୍ଷେପ କରିବାରୁ ତାହା 121 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିଲା । ବସ୍ତୁଟି କେତେ ପରିବେଗରେ ନିକ୍ଷିପ୍ତ ହୋଇଥିଲା ? କେତେ ସମୟପରେ ବସ୍ତୁଟି ନିକ୍ଷିପ୍ତ ସ୍ଥଳକୁ ଫେରି ଆସିବ ? (ଉ: 88 ଫୁଟ/ ସେକେଣ୍ଡ; 5·5 ସେକେଣ୍ଡ).

5. ପତିତ ବସ୍ତୁର ନିୟମାବଳୀ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

6. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଅବାଧରେ 50 ମିଟର ଉଚ୍ଚତାରୁ ତଳକୁ ପଡ଼ିଲା । ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କରିବାର ଠିକ୍ ପୂର୍ବରୁ ଏହାର ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (g=981 ସେ:ମି/ ବର୍ଗସେକେଣ୍ଡ) (ଉ: 31.3 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ)

7. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ନିକ୍ଷେପ କରିବାରୁ ତାହା 150 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିଲା । ଏହା କେତେ ପରିବେଗରେ ନିକ୍ଷିପ୍ତ ହୋଇଥିଲା ? କେତେ ସମୟ ପରେ ବସ୍ତୁଟି ନିକ୍ଷିପ୍ତ ସ୍ଥଳକୁ ଫେରି ଆସିବ ? (ଉ: 98.3 ଫୁଟ/ ସେକେଣ୍ଡ; 6·1 ସେକେଣ୍ଡ). (g=32.2 ଫୁଟ/ ବର୍ଗସେକେଣ୍ଡ)

8. ଗୋଟିଏ କୂପ ମଧ୍ୟକୁ ପଥରଟିଏ ପକାଇବାରୁ ତାହା 2·5 ସେକେଣ୍ଡରେ ଜଳ ସ୍ପର୍ଶ କଲା । ଜଳପତନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କୂପର ଗଭୀରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (g=32 ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ) (ଉ: 100 ଫୁଟ)

9. 75 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚ ଗୋଟିଏ ପାହାଡ଼ ଉପରୁ 64 ଫୁଟ/ ସେକେଣ୍ଡ ପରିବେଗରେ ଢ଼େଲାଟିଏ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ନିକ୍ଷିପ୍ତ ହେଲା । 'ଢ଼େଲାଟି କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଯାଇଥିଲା ? ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କରିବା ସମୟରେ ଢେଲାଟିର ପରିବେଗ କେତେ ? ନିକ୍ଷିପ୍ତ ହେବାର କେତେ ସମୟପରେ ଏହା ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କଲା ? '
(g=32 ଫୁଟ/ ବର୍ଗସେକେଣ୍ଡ) (ଉ: 139 ଫୁଟ; 94.3ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ; 4.9ସେକେଣ୍ଡ)

10. 64 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଗୋଟିଏ ଢେଲା ତଳକୁ ପଡ଼ିଲା । ଠିକ୍ ସେହି ସମୟରେ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ ଢେଲାକୁ ଏପରି ଏକ ପରିବେଗରେ ଉପରକୁ ନିକ୍ଷେପ କରଗଲା ଯେ ତାହା ଦ୍ୱିତୀୟ ଢେଲାଟିକୁ 64 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାକୁ ନେଇ ପାରିବ । କେଉଁଠାରେ ଓ କେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ଢେଲାର ମିଳନ ହେବ ? (ଉ: ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ 48 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାରେ; 1 ସେକେଣ୍ଡ)

ନବମ ଅଧ୍ୟାୟ

କାର୍ଯ୍ୟ, କ୍ଷମତା ବା ପାଓ୍ୱାର ଓ ଶକ୍ତି

Work, Power and energy

୨.1 କାର୍ଯ୍ୟ (Work)

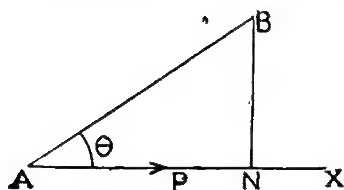
ଆମ୍ଭେମାନେ ସାଧାରଣତଃ ଲେଖିବା, ପଢ଼ିବା, ଗନ୍ଧିବା, ପାଣି କାଢ଼ିବା, ମାଟିହାଣିବା ଇତ୍ୟାଦିକୁ ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ କାର୍ଯ୍ୟ ବୋଲି କହୁ । କିନ୍ତୁ ବିଜ୍ଞାନରେ 'କାର୍ଯ୍ୟ' ଶବ୍ଦଟି ବିଶେଷ ଅର୍ଥରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି ହେଲେ ବସ୍ତୁ ପ୍ରତି କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦିତ ହେଲା ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ବଳର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି ନ ହେଲେ କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ନାହିଁ । ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି ବଳର ଦିଗରେ ହେଲେ କାର୍ଯ୍ୟଟି ବଳଦ୍ୱାରା ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି ବଳର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ହେଲେ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇଅଛି ବୋଲି କୁହାଯାଏ । କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ଉପରକୁ ଉଠାଇବା ସମୟରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ–ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ । ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଏବଂ ସେହି ଦିଗରେ ତାହାର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି ବା ବିସ୍ଥାପନର ଗୁଣଫଳ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ସୂଚାଇଥାଏ ।

ଯଦି ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର ମାନ P ହୁଏ ଏବଂ ତାହାର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ବିସ୍ଥାପନ S ହୁଏ ତେବେ କାର୍ଯ୍ୟ, $W = P.S.$

ବଳଦ୍ୱାରା କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦିତ ହେଲେ କାର୍ଯ୍ୟଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (Positive) ଏବଂ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦିତ ହେଲେ ତାହା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (Negative) ବୋଲି ଧରାଯାଏ ।

ମନେକର Ax ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର ଦିଗ ଏବଂ AB ତାହାର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ବିସ୍ଥାପନ (ଚିତ୍ର 42) । ମନେକର AB, Ax ସହିତ $\angle\theta$ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ । B ବିନ୍ଦୁରୁ Ax ଉପରେ BN ଲମ୍ବ ହେଉ । ପ୍ରକୃତ ବିସ୍ଥାପନ AB ହେଲେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ P ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପନ, ABର ବିଭକ୍ତାଂଶ AN । ତେଣୁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ



(ଚିତ୍ର 42)

କାର୍ଯ୍ୟ, $W = P\ (AN)$

କିନ୍ତୁ $AN = AB\ \cos\theta$

$\therefore$ କାର୍ଯ୍ୟ, $W = P\ (AB\ \cos\theta)$

= ବଳ × ବଳ ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପନର ସଂଯୋଜକ θ ସୂକ୍ଷ୍ମକୋଣ ହେଲେ $\cos\theta$ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (Positive) ହୋଇଥିବାରୁ $AB\ \cos\theta$ ବଳ ଦିଗରେ ରହେ । ତେଣୁ କାର୍ଯ୍ୟ ବଳ ଦ୍ୱାରାହିଁ ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୋଇଥାଏ ।

θ ସ୍ଥୂଳକୋଣ ହେଲେ cosθ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (negative) ହୋଇଥିବାରୁ AB cosθ ବଳର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ରହେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ କାର୍ଯ୍ୟ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ତାହା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୋଇଥାଏ ।

କିନ୍ତୁ $\theta=90^\circ$ ହେଲେ

$W=P\times AB\cos 90^\circ=0$ ହେବ

ଅର୍ଥାତ୍ କୌଣସି ବଳର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପନ ହେଲେ ବଳଦ୍ୱାରା ବା ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ କୌଣସି କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ନାହିଁ ।

9·2 କାର୍ଯ୍ୟର ଏକକ :

ଏକକ ବଳର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ଏକକ ବିସ୍ଥାପନ ହେଲେ ଏକକ କାର୍ଯ୍ୟ ହେଲା ବୋଲି କୁହାଯାଏ ।

କାର୍ଯ୍ୟର ପରମ ଏକକ :

(କ) ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ —ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଏକ ଡାଇନ୍ ଏବଂ ବଳର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ବିସ୍ଥାପନ ଏକ ସେଣ୍ଟିମିଟର ହେଲେ ଏକ **ଆର୍ଗ** (erg) କାର୍ଯ୍ୟ ହୁଏ । ଏକ ଜୁଲ (Joule) $=10^7$ ଆର୍ଗ । ଜୁଲ୍ (Joule) ଏକ ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ ।

(ଖ) ଏଫ୍. ପି. ଏସ୍ ପଦ୍ଧତିରେ—ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଏକ ପାଉଣ୍ଡାଲ ଏବଂ ବଳର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ବିସ୍ଥାପନ ଏକ ଫୁଟ ହେଲେ **ଏକ ଫୁଟ୍-ପାଉଣ୍ଡାଲ** କାର୍ଯ୍ୟ ହୁଏ । ଆର୍ଗ, ଜୁଲ ଓ ଫୁଟ-ପାଉଣ୍ଡାଲ କାର୍ଯ୍ୟର ପରମ ଏକକ ।

କାର୍ଯ୍ୟର ମହାକର୍ଷଣୀୟ ଏକକ :

(କ) ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ—ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥକୁ ସିଧା ଏକ ସେ:ମି: ଉପରକୁ ଉଠାଇଲେ ଏକ **ଗ୍ରାମ୍-ସେଣ୍ଟିମିଟର** କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ।

(ଖ) ଏଫ୍, ପି. ଏସ୍ ପଦ୍ଧତିରେ—ଏକ ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥକୁ ସିଧା ଭାବରେ ଏକ ଫୁଟ ଉପରକୁ ଉଠାଇଲେ **ଏକ ଫୁଟ-ପାଉଣ୍ଡ** (foot-pound) କାର୍ଯ୍ୟ ହୁଏ ।

ବଳର ମହାକର୍ଷଣୀୟ ଏକକ $=g\times$ ବଳର ପରମ ଏକକ,

ସୁତରାଂ କାର୍ଯ୍ୟର ମହାକର୍ଷଣୀୟ ଏକକ $=g\times$ କାର୍ଯ୍ୟର ପରମ ଏକକ ।

କାରଣ ଉଭୟ ପରମ ଓ ମହାକର୍ଷଣୀୟ ଏକକରେ ବିସ୍ଥାପନର ଏକକ ସମାନ ରହେ ।

9·3 କ୍ଷମତା ବା ପାଓ୍ୱାର (Power) :

କାରକ (Agent) ର କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ହାରକୁ ତାହାର କ୍ଷମତା କହନ୍ତି । ଅର୍ଥାତ୍ ଏକକ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କାରକ ଯେଉଁ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦନ କରେ ତାହାକୁ ତାହାର କାର୍ଯ୍ୟର ହାର ବା **କ୍ଷମତା** କୁହାଯାଏ ।

$$\text{ପାଓ୍ୱାର} = \frac{\text{ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ}}{\text{ସମ୍ପାଦନ ସମୟ}}$$

ପାଓ୍ୱାରର ଏକକ :

(କ) **ପରମ ଏକକ**—ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ପାଓ୍ୱାରର ପରମ ଏକକ ହେଲା **ଏକ ଆର୍ଗ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ** । ଏହା ଏକ ଅତି କ୍ଷୁଦ୍ର ଏକକ । ଏହାର ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ ଏକ ଜୁଲ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ । ଏହି ଏକକର ଅନ୍ୟ ନାମ **ଓ୍ୱାଟ୍** ।

ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ଓ୍ୱାଟ୍ = ଏକ ଜୁଲ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ = 10^7 ଆର୍ଗ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ । ଏଫ୍. ପି. ଏସ୍. ପଦ୍ଧତିରେ ପାଓ୍ୱାର ପରମ ଏକକ **ଏକଫୁଟ-ପାଉଣ୍ଡାଲ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ** ।

(ଖ) **ମହାକର୍ଷଣୀୟ ଏକକ**—ମେଟ୍ରିକ୍ ପଦ୍ଧତିରେ ପାଓ୍ୱାର ମହାକର୍ଷଣୀୟ ଏକକ ହେଲା **ଏକଗ୍ରାମ୍-ସେ:ମି: ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ** । ଏଫ୍.ପି.ଏସ୍. ପଦ୍ଧତିରେ ପାଓ୍ୱାର ମହାକର୍ଷଣୀୟ ଏକକ **ଏକଫୁଟ-ପାଉଣ୍ଡ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ** । ଏହି ପଦ୍ଧତିରେ ପାଓ୍ୱାର ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ ହେଲା **ଏକ ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର** (Horse power) । ଏହା ଏକ ପ୍ରୟୋଗ-ଏକକ । ଯାନ୍ତ୍ରିକ ପାଓ୍ୱାର ପ୍ରକାଶ କରିବା ପାଇଁ ଏହି ଏକକଟି ବ୍ୟାପକ ଭାବରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

ଏକ ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର = 550 ଫୁଟ-ପାଉଣ୍ଡ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ
= 33000 ଫୁଟ-ପାଉଣ୍ଡ ପ୍ରତି ମିନଟରେ ।

ଯାନ୍ତ୍ରିକ ପାଓ୍ୱାର ବ୍ୟକ୍ତ କରିବା ପାଇଁ ଜେମସ୍ ଓ୍ୱାଟ୍‌ହିଁ ପ୍ରଥମେ ଏହି ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର ଏକକ ବ୍ୟବହାର କରିଥିଲେ । କୋଇଲା ଖଣି ମଧ୍ୟରୁ କୋଇଲା ବୋଝେଇ ଗୋଟିଏ ଗାଡ଼ି ଟାଣିବା ସମୟରେ ସେ ହିସାବ କରି ଦେଖିଲେ ଯେ ଗୋଟିଏ ଅଶ୍ୱ ହାରାହାରି 33000 ଫୁଟ ପାଉଣ୍ଡ କାର୍ଯ୍ୟ ଏକ ମିନିଟରେ କରିପାରେ ।

9.4 ଶକ୍ତି (Energy) :

କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ସାମର୍ଥ୍ୟକୁ **ଶକ୍ତି** କୁହାଯାଏ । କାର୍ଯ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଶକ୍ତି ପ୍ରକାଶ ପାଏ । କୌଣସି ବସ୍ତୁ ତାହାର ବର୍ତ୍ତମାନ ଅବସ୍ଥାରେ ମୋଟ ଯେତେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ପାଇଁ କ୍ଷମ ହୁଏ ତାହାହିଁ ତାହାର ଶକ୍ତିର ପରିମାପ । ଶକ୍ତି ବିଭିନ୍ନ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶ ପାଏ; ଯଥା – ଯାନ୍ତ୍ରିକଶକ୍ତି, ତାପଶକ୍ତି, ଆଲୋକଶକ୍ତି, ଧ୍ୱନିଶକ୍ତି, ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି, ଚୁମ୍ବକଶକ୍ତି ଓ ରସାୟନିକ ଶକ୍ତି ।

9.5 ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି (Mechanical Energy) :

ମନେକର ଛାତ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ଇଟା ଅଛି । ଛାତ ଉପରେ ଥିବାରୁ ଏହା ଶକ୍ତି ବା କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାର ସାମର୍ଥ୍ୟ ଲାଭ କରିଥାଏ । ଏହା ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ଯେତେ ଉଚ୍ଚରେ ରହିବ ଏହାର ଶକ୍ତି ସେତେ ଅଧିକ ହେବ । କାରଣ କୌଣସି ଅବସ୍ଥାରୁ ବସ୍ତୁଟି ତଳକୁ ପଡିବା ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ତାହା ଅବସ୍ଥାନର ଉଚ୍ଚତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

କୁଣ୍ଡଳିତ (coiled) ସ୍ପ୍ରିଂରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ନିହିତ ଥାଏ । ଘଡିରେ ଚାବି ଦେବାଦ୍ୱାରା ଘଡି ମଧ୍ୟସ୍ଥ ସ୍ପ୍ରିଂଟି କୁଣ୍ଡଳିତ ହୁଏ । ତାହା ଧୀରେ ଧୀରେ ଖୋଲି ଘଡିର

କଣାକୁ ବୁଲାଏ । ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ, କୌଣସି ବସ୍ତୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିଲେ ସେହି କାରଣରୁ ତହିଁରେ କିଛି ଶକ୍ତି ନିହିତ ଥାଏ । କାରଣ ବସ୍ତୁଟି ପୁନରାୟ ତାହାର ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରି ଆସିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କିଛି ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦନ କରିପାରେ ।

ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥାନ ବା ବିନ୍ୟାସ (Configuration) ଯୋଗୁଁ ତହିଁରେ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ନିହିତ ଥାଏ ତାହାକୁ **ବିଭବ ଶକ୍ତି** (Potential energy) କହନ୍ତି ।

ବସ୍ତୁର ଗତିଜନିତ ଶକ୍ତିକୁ **ଗତିଶକ୍ତି** (Kinetic energy) କହନ୍ତି । ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବା ପୂର୍ବରୁ ଯେଉଁ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ ତାହାହିଁ ବସ୍ତୁଟିର ଗତି ଶକ୍ତିର ପରିମାପ । ବିଭବ ଶକ୍ତି ଓ ଗତି ଶକ୍ତିକୁ **ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି** (Mechanical energy) କହନ୍ତି ।

୨.6 ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିର ପରିମାପ :

(କ) ଉଚ୍ଚ ସ୍ଥାନରେ ଅବସ୍ଥିତ ବସ୍ତୁର ବିଭବ ଶକ୍ତି— ମନେକର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ଏବଂ ଏହା ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ h ଉଚ୍ଚତାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ବସ୍ତୁଟି ଅବାଧିତ ଭାବରେ ତଳକୁ ପଡ଼ିବା ସମୟରେ ଏହା ଉପରେ ଯେଉଁ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ ତାହା ତାହାର ଓଜନ, $w=mg$, ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ଏହା h ଦୂରତା ଅତିକ୍ରମ କରେ । ତେଣୁ ଏଠାରେ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ $=mg\times h$ ଅର୍ଥାତ୍ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ h ଉଚ୍ଚତାରେ ଅବସ୍ଥାନ ଯୋଗୁଁ ବସ୍ତୁଟିର mgh ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ପାଇଁ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଅଛି । ଏହାହିଁ ବସ୍ତୁଟିର ବିଭବ ଶକ୍ତିର ପରିମାପ ।

ସୁତରାଂ ବସ୍ତୁର ବିଭବ ଶକ୍ତି $=$ mgh

$=$ବସ୍ତୁର ଓଜନ $\times$ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଏହାର ଅବସ୍ଥାନର ଉଚ୍ଚତା

(ଖ) ଗତିଶକ୍ତି :

ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯେଉଁ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟକରେ ତାହାହିଁ ତାହାର ଗତି ଶକ୍ତିର ପରିମାପ । କେବଳ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଦ୍ୱାରାହିଁ କୌଣସି ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସେ । ଗତି ବିରୁଦ୍ଧରେ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ବସ୍ତୁରେ ମନ୍ଦନ ଜାତ ହୋଇ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ଧୀରେ ଧୀରେ କମି ଆସେ । ଅବଶେଷରେ ବସ୍ତୁଟି ସ୍ଥିର ରହେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁଟି ବିରୋଧୀ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ତାହାର ଗତି ଶକ୍ତିର ପରିମାପ ।

ମନେକର ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $=m$ ଏବଂ ତାହାର ପରିବେଗ $=v$ । ମନେକର p ମାନର ଏକ ବିରୋଧୀ ବଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବା ଫଳରେ ତାହାର ଗତିରେ ମନ୍ଦନ ଜାତ ହେଲା ଓ ତାହା s ପଥ ଯାଇ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିଲା । ଅର୍ଥାତ୍ p ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନ $=s$ । ତେଣୁ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ ବସ୍ତୁଦ୍ୱାରା ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ; $w=p\times s$
ଗତିର ସମୀକରଣ ଅନୁଯାୟୀ

$$v^2=u^2+2fs$$

କିନ୍ତୁ ଏଠାରେ ବସ୍ତୁର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ, $u=v$
ଏବଂ ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ, $v=0$
ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁର ମନ୍ଦନ ହେଉଥିବାରୁ ($-f$) ନେବାକୁ ହୁଏ ।

ଅତଏବ $0=v^2-2fs$
ବା $fs=\frac{1}{2}v^2$
କିନ୍ତୁ $p=mf$
$\therefore$ ଗତିଶକ୍ତି $=p \cdot s=mfs=\frac{1}{2}mv^2$
ସୁତରାଂ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଗତିଶକ୍ତି $=\frac{1}{2}\times$ ବସ୍ତୁତ୍ୱ $\times$ ପରିବେଗର ବର୍ଗ ।

9·7 ଶକ୍ତିର ଏକକ :

କାର୍ଯ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଶକ୍ତି ପ୍ରକାଶ ପାଏ । ପଦାର୍ଥ ଯେଉଁ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ, ତାହାହିଁ ତାହାର ଶକ୍ତିର ପରିମାପ ।
ତେଣୁ ଶକ୍ତିର ଏକକ କାର୍ଯ୍ୟର ଏକକ ସହିତ ସମାନ ।

9·8 ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ (Conservation of Energy) :

ଭୂପୃଷ୍ଠର ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବା ସମୟରେ ତାହାର ବିଭବ ଶକ୍ତି ଥାଏ । ବସ୍ତୁଟି ତଳକୁ ପଡ଼ିବା ସମୟରେ ଗତି ଯୋଗୁଁ ଏହା ଗତିଶକ୍ତି ଲଭ କରେ । ପଡ଼ିବା ସମୟରେ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ତାହାର ଉଚ୍ଚତା କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଇବାରୁ ବିଭବ ଶକ୍ତି କ୍ରମେ କମିଆସେ ଓ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ ଫଳରେ ତାହାର ପରିବେଗ କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବାରୁ ଗତି ଶକ୍ତି କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅବସ୍ଥାନରେ ବସ୍ତୁଟିର ବିଭବ ଶକ୍ତି ଓ ଗତି ଶକ୍ତିର ମୋଟ ପରିମାଣ ସର୍ବଦା ସମାନ ରହେ । ଅର୍ଥାତ୍ ପତନ କାଳରେ ବିଭବ ଶକ୍ତି କ୍ରମେ ଗତିଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହେଉଥାଏ । ବସ୍ତୁଟି ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶରେ ଆସି ସ୍ଥିର ହେବା ଠିକ୍ ପୂର୍ବରୁ ଏହାର ବିଭବ ଶକ୍ତି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭବରେ ଗତି ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୁଏ । କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ନିକ୍ଷେପ କଲେ ତାହାର ଗତିଶକ୍ତି କ୍ରମେ ବିଭବ ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ ଏବଂ ବସ୍ତୁର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସ୍ଥାନରେ ଗତିଶକ୍ତି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭବରେ ବିଭବ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।

ଘଡ଼ିରେ ଚାବି ଦେବା ଫଳରେ ଘଡ଼ି ମଧ୍ୟସ୍ଥ ସ୍ପ୍ରିଂଟି ସଙ୍କୁଚିତ ହୋଇଯାଏ । ଘଡ଼ିଟିକୁ ଚାବି ଦେବାଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ, କେବଳ ସେହି ପରିମାଣର ବିଭବ ଶକ୍ତି ସ୍ପ୍ରିଂରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହେ । ସ୍ପ୍ରିଂଟି ଧୀରେ ଧୀରେ ଖୋଲିବା ଦ୍ୱାରା ଏହି ବିଭବ ଶକ୍ତି ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭବରେ ଘଡ଼ି କଣ୍ଟାର ଗତି ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହିପରି ଭବରେ ଗତି ଶକ୍ତି, ବିଭବ ଶକ୍ତିରେ ଓ ବିଭବଶକ୍ତି ଗତିଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ ।

9·9 ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ (Law of Conservation of energy) :

ନିୟମ—"ଶକ୍ତିର ସୃଷ୍ଟି ନାହିଁ କିମ୍ବା ବିନାଶ ନାହିଁ, ଏହା କେବଳ ଗୋଟିଏ ରୂପରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବା ତତୋଧିକ ରୂପରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ବିଶ୍ୱର ମୋଟ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ସର୍ବଦା ସମାନ ।"

ଯାନ୍ତ୍ରିକଶକ୍ତି, ତାପଶକ୍ତି, ଆଲୋକଶକ୍ତି, ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି, ଚୁମ୍ବକଶକ୍ତି ଇତ୍ୟାଦି ଶକ୍ତିର ବିଭିନ୍ନ ରୂପ ।

ପତିତ ବସ୍ତୁ ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କଲା ମାତ୍ରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସେ । ମନେହୁଏ ଯେପରି ତାହାର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ବିନଷ୍ଟ ହେଲା । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି, ତାପଶକ୍ତି ଓ ଧ୍ୱନିଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ । ଦୁଇଟି ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁର ସଂଘର୍ଷ ଫଳରେ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱୟ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟିର ଗତି ଶକ୍ତି, ତାପ ଶକ୍ତି ଓ ଧ୍ୱନି ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ । କୋଇଲା ଜାଳି ଆମେ ତାପ ଶକ୍ତି ପାଉଁ । ସେହି ତାପଶକ୍ତି ଜଳକୁ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ କରେ ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଟ୍ରେନ ଚାଲେ । ଏଠାରେ ତାପଶକ୍ତି ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ଜଳ ପ୍ରପାତରୁ ପଡୁଥିବା ଜଳ ସାହାଯ୍ୟରେ ଡାଇନାମୋ ଚଳାଇ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ କରାଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଜଳର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ସାହାଯ୍ୟରେ ବଲବ୍ ଜଳେ, ପଙ୍ଖା ଘୂରେ ଏପରିକି ରନ୍ଧନ କାର୍ଯ୍ୟ ମଧ୍ୟ କରାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଏହିପରି ଆଲୋକ ଶକ୍ତି, ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ଓ ତାପଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ । ଯେପରି ଭାବରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ମୋଟ ଶକ୍ତି ସର୍ବଦା ସମାନ ରହେ । ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷିତ ହୁଏ ।

9·10 ଅବାଧରେ ବା ମୁକ୍ତଭାବେ ପଡ଼ନ୍ତ କୌଣସି ବସ୍ତୁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ (Conservation of energy in case of a freely falling body) :

ମନେକର m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ h ଉଚ୍ଚତାରେ ଅବସ୍ଥିତ । (ଚିତ୍ର 43) । ଏଠାରେ ବସ୍ତୁଟି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବାରୁ ଏହାର ସମସ୍ତ ଶକ୍ତିହିଁ ବିଭବ ଶକ୍ତି $=mgh$

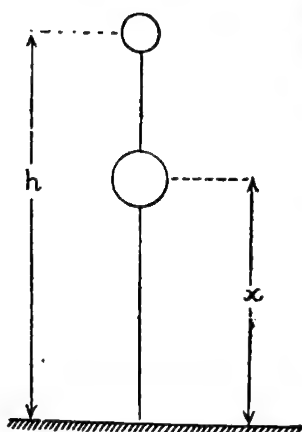
ପତନ କାଳରେ ଏହା ଯେତେବେଳେ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ x ଉଚ୍ଚତାରେ ଥାଏ ସେତେବେଳେ ଏହାର ବିଭବ ଶକ୍ତି $=mgx$.

ମନେକର ଏହି ସ୍ଥାନରେ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ $=v$.

ବସ୍ତୁଟି ($h-x$) ପଥ ଅବାଧିତ ଭାବରେ ଖସିବା ଫଳରେ ଏହି v ପରିବେଗ ଲାଭ କରିଛି । ତେଣୁ $v^2=2g(h-x)$

ସୁତରାଂ ଏହି ସ୍ଥାନରେ ତାହାର ଗତିଶକ୍ତି $=\frac{1}{2}mv^2$

$=\frac{1}{2}m2g(h-x)=mg(h-x)$



(ଚିତ୍ର 43)

$\therefore$ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ x ଉଚ୍ଚତାରେ ବସ୍ତୁର ମୋଟ ଶକ୍ତି $=$ବିଭବ ଶକ୍ତି $+$ ଗତି ଶକ୍ତି

$=mgx+mg(h-x)$

$=mgh$

$=$ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ h ଉଚ୍ଚତାରେ ବସ୍ତୁର ମୋଟ ଶକ୍ତି । ପତିତ ବସ୍ତୁର ଗତି ପଥରେ ତାହାର ଯେ କୌଣସି ଅବସ୍ଥାନର ଉଚ୍ଚତାକୁ x ଦ୍ୱାରା ସୂଚେଇ ଦିଆଯାଇପାରେ । ତେଣୁ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଯେ କୌଣସି ଉଚ୍ଚତାରେ ବସ୍ତୁଟିର ମୋଟ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ବସ୍ତୁଟିର ଉଚ୍ଚତମ ଅବସ୍ଥାନର ବିଭବ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ

(1) 30 ଫୁଟ ଗଭୀର ଗୋଟିଏ କୂପ ମଧ୍ୟରୁ 5 ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାରବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ଜଳ ନିଷ୍କାସନ କରଗଲା । ଯଦି ପମ୍ପର ଦକ୍ଷତା (efficiency) 86% କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଉକ୍ତ ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ କେତେ ଜଳ ନିଷ୍କାସିତ ହୋଇଥିଲା ? (ଏକ ଗ୍ୟାଲନ୍ ଜଳର ଓଜନ 10 ପାଉଣ୍ଡ)

ପମ୍ପଟିର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ପାଓ୍ୱାର $=5\times\frac{86}{100}=4{\cdot}3$ ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର

ଏକ ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର $=33000$ ଫୁଟ-ପାଉଣ୍ଡ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ

ତେଣୁ $4{\cdot}3$ ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର $=33000\times4{\cdot}3=141900$ ଫୁଟ-ପାଉଣ୍ଡ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ ଅର୍ଥାତ୍ ପମ୍ପଟିର ପାଓ୍ୱାର 141900 ଫୁଟ ପାଉଣ୍ଡ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ । ମନେକର ପମ୍ପଟି ପ୍ରତି ମିନିଟରେ x ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଜଳ ନିଷ୍କାସନ କରେ ।

ତେବେ $x\times30=141900$

$\therefore x=\frac{141900}{30}=4730$ ପାଉଣ୍ଡ

ଏକ ଗ୍ୟାଲନ ଜଳର ଓଜନ 10 ପାଉଣ୍ଡ

ତେଣୁ 4730 ପାଉଣ୍ଡ $=\frac{4730}{10}=473$ ଗ୍ୟାଲନ

$\because$ ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରତି ମନିଟରେ 473 ଗ୍ୟାଲନ ଜଳ ନିଷ୍କାସିତ ହୋଇ ଥିଲା । (ଉତ୍ତର)

(2) ଯଦି ଜଳ 100 ମିଟର ଉଚ୍ଚରୁ ତଳକୁ ପଡ଼ି ତତ୍ପରେ ସମବେଗରେ ସମତଳ ଭୂମିରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତେବେ ଜଳର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ମନେକର ଏଠାରେ ଘର୍ଷଣ ହେତୁ କୌଣସି ଶକ୍ତି ତାପଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇନାହିଁ । ($g=980$ ସେ:ମି/ବର୍ଗସେକେଣ୍ଡ)

ମନେକର ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $=m$

ଏଠାରେ ଉଚ୍ଚତା, $h=100$ ମିଟର $=10000$ ସେ:ମି:, ତେଣୁ ଏହି ଉଚ୍ଚତାରେ ଜଳର ବିଭବ ଶକ୍ତି $=mgh=m\times980\times10000$, ଭୂମି ଉପରେ ପଡ଼ିବା ସମୟରେ ଏହି ଶକ୍ତି ଗତି ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।

ଯଦି ଜଳର ବେଗ v ହୁଏ

ତେବେ ଗତିଶକ୍ତି $=\frac{1}{2}mv^2$

ଅତଏବ $\frac{1}{2}mv^2=m\times980\times10000$

ବା $v^2=2\times980\times10000$

ବା $v=4242$ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ (ପ୍ରାୟ)

$\therefore$ ଜଳର ବେଗ $42{\cdot}42$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ (ଉତ୍ତର)

(3) 100 ଗ୍ରାମ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବସ୍ତୁ 10 ମିଟର ଉଚ୍ଚରୁ ଅବାଧିତ ଭବରେ ତଳକୁ ଖସିଲା । ବସ୍ତୁଟି ଯଦି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ତଳକୁ ଖସିଥାଏ ତେବେ ତାହାର କେତେ ଗତିଶକ୍ତି ଲାଭ ହେଲା ? ($g=980$ ସେ:ମି/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମାନୁସାରେ ଗତି ଶକ୍ତିରେ ଲାଭ=ବିଭବ ଶକ୍ତିରେ କ୍ଷତି

10 ମିଟର $=10\times100$ ସେ:ମି: । ଏଠାରେ ବସ୍ତୁର ବିଭବଶକ୍ତି କ୍ଷତିର ପରିମାଣ $=100\times980\times10\times100$

∴ ଗତିଶକ୍ତି ଲାଭ $=98\times10^6$ ଆର୍ଗ (ଉତ୍ତର)

(4) 1 ଆଉନ୍‌ସ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗୁଳି 60 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚ ଏକ ଟାଓ୍ୱାର ଉପରୁ ତଳକୁ ଖସିଲା । ଯଦି ଏହା କାଦୁଅ ମଧ୍ୟରେ 5 ଫୁଟ ଗଳିଯାଇ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସେ ତେବେ କାଦୁଅର ପ୍ରତିରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ($g=32$ ଫୁଟ ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡରେ)

ଗୁଳିଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $m=1$ ଆଉନ୍‌ସ୍ $=\frac{1}{16}$ ପାଉଣ୍ଡ ।
ଟାଓ୍ୱାର ଉଚ୍ଚତା $=h=60$ ଫୁଟ

ଟାଓ୍ୟାର ଉପରେ ଅବସ୍ଥାନ କାଳରେ ଗୁଳିର
ବିଭବ ଶକ୍ତି $=mgh=\frac{1}{16}\times32\times60=120$ ଫୁଟ/ପାଉଣ୍ଡାଲ

ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମାନୁସାରେ କାଦୁଅରେ ପହଞ୍ଚିବା ସମୟରେ ଗୁଳିର ଶକ୍ତି 120 ଫୁଟ/ପାଉଣ୍ଡାଲ ହେବ ।

ମନେକର କାଦୁଅର ପ୍ରତିରୋଧ ବଳ $=P$
କାଦୁଅ ମଧ୍ୟରେ ଗୁଳିଟିର ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ପଥ, $S=5$ ଫୁଟ
ଗୁଳିଟିକୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣିବା ପାଇଁ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ $=P\times S$
$=P\times5$ ଫୁଟ/ପାଉଣ୍ଡାଲ । ଏହା ନିଶ୍ଚୟ ଗୁଳିଟିର ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ ହେବ
ତେଣୁ $P\times5=120$
∴ $P=\frac{120}{5}=24$ ପାଉଣ୍ଡାଲ, ସୁତରାଂ କାଦୁଅର ପ୍ରତିରୋଧ 24 ପାଉଣ୍ଡାଲ (ଉତ୍ତର)

(5) ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ କୂପରୁ ଜଳ ଉଠାଇ 90 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚ ଗୋଟିଏ ଘର ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ 6 ଫୁଟ ଲମ୍ବ, 6 ଫୁଟ ପ୍ରସ୍ଥ ଓ 4 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଜଳାଧାରକୁ ଅଧଘଣ୍ଟା ମଧ୍ୟରେ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ କରଗଲା । କୂପ ମଧ୍ୟରେ ଜଳ ପରନ ଯଦି 20 ଫୁଟ ଗଭୀରତାରେ ଥାଏ ତେବେ ପମ୍ପଟିର ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (1 ଘନଫୁଟ ଜଳର ଓଜନ $=62{\cdot}5$ ପାଉଣ୍ଡ)

ଜଳାଧାରର ଘନଫଳ $=6\times6\times4$ ଘନଫୁଟ । 1 ଘନଫୁଟ ଜଳର ଓଜନ $=62{\cdot}5$ ପାଉଣ୍ଡ । ଜଳାଧାରକୁ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରୁଥିବା ସମୁଦାୟ ଜଳର ଓଜନ $=6\times6\times4\times62{\cdot}5$ ପମ୍ପଟି ଏହି ପରିମାଣ ଜଳକୁ $=90+20=110$ ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ନିଏ ।

ତେଣୁ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ $=6\times6\times4\times62{\cdot}5\times110$ ଫୁଟ/ପାଉଣ୍ଡ
ଏଥିପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟ $=\frac{1}{2}\times60\times60$ ସେକେଣ୍ଡ

∴ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ $=\dfrac{6\times6\times4\times62{\cdot}5\times110}{\frac{1}{2}\times60\times60}$

ଏକ ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର $=550$ ଫୁଟ ପାଉଣ୍ଡ/ସେକେଣ୍ଡ, ତେଣୁ ପମ୍ପଟିର

ପାଓ୍ୱାର $=\dfrac{6\times6\times4\times62{\cdot}5\times110\times2}{60\times60\times550}=1$ ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର (ଉତ୍ତର)

ସାରାଂଶ

ବଳର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି ହେଲେ କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ।
କାରକ (Agent) ର କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ହାରକୁ ତାହାର କ୍ଷମତା ବା ପାଓ୍ବାର କହନ୍ତି ।
କାର୍ଯ୍ୟକରିବା ସାମର୍ଥ୍ୟକୁ ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ ।

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ତାହାର ଅବସ୍ଥାନ ବା ବିନ୍ୟାସ (Configuration) ଯୋଗୁଁ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଲାଭକରେ ତାହାକୁ ବିଭବ ଶକ୍ତି କହନ୍ତି ।
ବିଭବ ଶକ୍ତି $= mgh$

ବସ୍ତୁର ଗତି ଜନିତ ଶକ୍ତିକୁ ଗତି ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ । ଗତି ଶକ୍ତି $= \frac{1}{2}mv^2$

ବିଭବ ଶକ୍ତି ଓ ଗତି ଶକ୍ତିକୁ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି କହନ୍ତି ।

ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ—

ଶକ୍ତିର ସୃଷ୍ଟି ନାହିଁ କିମ୍ବା ବିନାଶ ନାହିଁ । ଏହା କେବଳ ଗୋଟିଏ ରୂପରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବା ତତୋଧିକ ରୂପକୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ବିଶ୍ୱର ମୋଟ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ସର୍ବଦା ସମାନ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. କାର୍ଯ୍ୟ, ଶକ୍ତି ଓ କ୍ଷମତାର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ । ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ସେମାନଙ୍କର ଏକକ କ'ଣ ?

   140 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଗୋଟିଏ ଲୋକ ତାହାର ମୁଣ୍ଡରେ 100 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଗୋଟିଏ ବୋଝ ନେଇ ସିଡ଼ି ସାହାଯ୍ୟରେ 50 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିଲା । ଲୋକଟି ସମୁଦାୟ କେତେ କାର୍ଯ୍ୟ କଲା ?

   (ଉ: 12000 ଫୁଟ–ପାଉଣ୍ଡ)

2. କାର୍ଯ୍ୟ ଓ କ୍ଷମତା ବା ପାଓ୍ବାର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ ଦର୍ଶାଅ । ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ବାର କଅଣ ? ଗୋଟିଏ ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ 21 ଫୁଟ ଗଭୀର ଗୋଟିଏ କୂପ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ 6000 ଗ୍ୟାଲନ୍ ଜଳ ନିଷ୍କାସନ କରାଯାଏ । ଯଦି ପମ୍ପଟିର ଦକ୍ଷତାର କେବଳ 55% କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ପମ୍ପର ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ବାର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   (ଉ: 69.42 ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ବାର)

3. ବିଭବ ଶକ୍ତି ଓ ଗତିଶକ୍ତି କ'ଣ ? ଉଦାହରଣ ସହ ବୁଝାଇ ଦିଅ । 200 ମିଟର/ ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ଏକ ଗୁଳି 2 ଇଞ୍ଚ ସ୍ଥୂଳତାର ଗୋଟିଏ ପଟାକୁ ଠିକ୍ ଫୁଟାଇ ପାରେ । 6 ଇଞ୍ଚ ସ୍ଥୂଳତାବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ପଟାକୁ ଫୁଟାଇବା ପାଇଁ ଏହାର ବେଗ କେତେ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ?

   (ଉ: $200\sqrt{3}$ ମିଟର/ ସେକେଣ୍ଡ)

4. ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ କ'ଣ ? ପତିତ ବସ୍ତୁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶକ୍ତି କିପରି ସଂରକ୍ଷିତ ହୋଇଥାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

5. ଜଣେ ଲୋକ ଥରକେ 10ଟି ଇଟା ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ 132 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ବୋହି ନିଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକଟି ଇଟାର ଓଜନ 2 ପାଉଣ୍ଡ । ଲୋକଟି ଘଣ୍ଟାରେ 15 ଥର ଏହିପରି ଭାବରେ ଇଟା ବୋହିଥିଲେ 8 ଘଣ୍ଟାରେ କେତେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥିବ ? ତାହାର କ୍ଷମତାକୁ •ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାରରେ ପ୍ରକାଶ କର ।

(ଉ: 316800 ଫୁଟ–ପାଉଣ୍ଡ; 0.02 ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର)

6. ଗୋଟିଏ ଇଞ୍ଜିନ 500 ଟନବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଟ୍ରେନକୁ ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି 40 ମାଇଲ ବେଗରେ ଟାଣିନିଏ । ଯଦି ଘର୍ଷଣଜନିତ ପ୍ରତିରୋଧ ବଳ ଟନ୍‌ପ୍ରତି 10 ପାଉଣ୍ଡ–ଓଜନ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଇଞ୍ଜିନଟିର ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉ: 400 ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର)

7. 10 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରୁ 10 ଫୁଟ ତଳକୁ ଖସି ପଡିଲା ଏବଂ ବାଲି ମଧ୍ୟରେ 1 ଫୁଟ ଗତି କଲାପରେ ଏହା ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିଲା । ବାଲିର ପ୍ରତିରୋଧ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 100 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ)

8. ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ 40 ଫୁଟ ଗଭୀର ଗୋଟିଏ କୂପ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ 5000 ଗ୍ୟାଲନ୍ ଜଳ ନିଷ୍କାସନ କରାଗଲା । ଯଦି ଉକ୍ତ ପମ୍ପଟିର 60% ଦକ୍ଷତା କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥାଏ ତେବେ ତାହାର ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର କେତେ ?

(ଉ: 101 ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାର)

9. 360 ଫୁଟ ଗଭୀର ଗୋଟିଏ ଖଣି ମଧ୍ୟରୁ ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ଘଣ୍ଟାକୁ 22 ଟନ ଜଳ ନିଷ୍କାସନ କରାଗଲା । ପମ୍ପଟିର ପାଓ୍ୱାର ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାରରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉ: 8·96)

10. ଜଣେ ଲୋକ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 5 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ଇଟାକୁ 10 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଫୋପାଡ଼େ । ତାହାର ପାଓ୍ୱାରକୁ ଅଶ୍ୱ ପାଓ୍ୱାରରେ ପ୍ରକାଶ କର ।

(ଉ: 0·09)

———

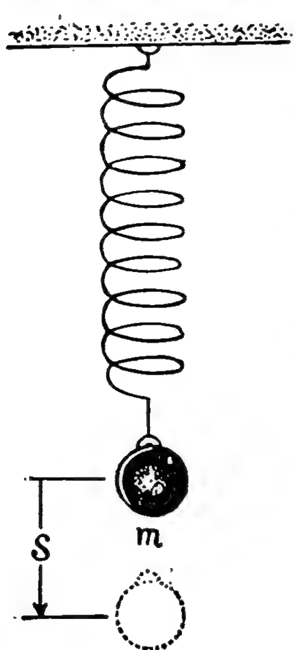
ଦଶମ ଅଧ୍ୟାୟ
ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି ଓ ଦୋଳକ
Simple Harmonic Motion and Pendulum

10·1 ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି (Periodic Motion) :

କୌଣସି ଗତି ଅବସ୍ଥାର ଯଦି ନିୟମିତ ଭାବରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନ ପରେ ପରେ ପୁନରାବୃତ୍ତି ଘଟେ ତେବେ ସେହି ଗତିକୁ **ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି** କହନ୍ତି । ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁର ଗତିପଥ ସରଳ, ବୃତ୍ତାକାର ବା ଅଧିବୃତ୍ତାକାର ହୋଇପାରେ । ବସ୍ତୁ ଯଦି କୌଣସି ବୃତ୍ତାକାର ବା ଅଧିବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ସର୍ବଦା ବାରମ୍ବାର ଘୂରୁଥାଏ ତେବେ ସେହି ବସ୍ତୁଟିର ଗତିକୁ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି କୁହାଯାଏ । ସୂର୍ଯ୍ୟର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ପୃଥିବୀର ପରିକ୍ରମଣ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିର ଅନ୍ତର୍ଗତ । କାରଣ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନ ପରେ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତି ଏକ ବର୍ଷରେ ପୃଥିବୀର ଗତିର ଅବସ୍ଥା ପୁନରାବୃତ୍ତି ହୁଏ ।

ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଯଦି ଏକ ସରଳ ପଥରେ ଆବର୍ତ୍ତ କାଳର ଅର୍ଦ୍ଧ ସମୟ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ଗତିକରି ବାକି ଅର୍ଦ୍ଧ ସମୟ ତାହାର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରେ ତେବେ ସେହି ଜାତୀୟ ଅଗ୍ର-ପଶ୍ଚାଦ୍ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିକୁ **କମ୍ପନ ଗତି** (Vibratory motion) କହନ୍ତି । ବସ୍ତୁର ଏହି ଅଗ୍ର-ପଶ୍ଚାତ୍ ଗତି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପଥରେ ସମ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ । ଏପରି କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁଟି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ପରେ ପରେ ତା'ର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅବସ୍ଥାନ ଓ ପରିବେଗକୁ ଫେରି ଆସୁଥାଏ । ବସ୍ତୁର ଏହି ପ୍ରକାର ଗତି ପରିବର୍ତ୍ତୀ ବଳ (Varying force) ଦ୍ୱାରା ସଙ୍ଘଟିତ ହୋଇଥାଏ । ତଦନୁସାରେ ବସ୍ତୁରେ ବିଭିନ୍ନ ତ୍ୱରଣ ଜାତ ହୁଏ ।

10.2 ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି (Simple Harmonic Motion) :



(ଚିତ୍ର 44)

ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ କୌଣସି ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସ୍ପ୍ରିଂ ସମ୍ପ୍ରସାରିତ ହେଲେ ତାହାର ସମ୍ପ୍ରସାରଣ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର ସମାନୁପାତୀ ହୋଇଥାଏ ।

ମନେକର m ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଂର ଏକ ମୁଣ୍ଡରେ ଝୁଲୁଅଛି । (ଚିତ୍ର 44) ବସ୍ତୁଟିକୁ ତା'ର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରୁ କିଛି ଦୂର ତଳକୁ ଟଣାଗଲା । ମନେକର ଏହି ବିସ୍ଥାପନ $=s$ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା ହେତୁ ସ୍ପ୍ରିଂଟି ତାର ପୂର୍ବାବସ୍ଥାକୁ ଫେରି ଆସିବା ପାଇଁ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ ଏକ ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ ବଳ (Restoring force) ପ୍ରୟୋଗ କରିବ । ଏହି ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ ବଳ ବିସ୍ଥାପନ s ସହିତ ସମାନୁପାତୀ କିନ୍ତୁ ବିସ୍ଥାପନର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଏହି ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ ବଳକୁ F ଧରଯାଏ ତେବେ $F = -Ks$ .... (1)

$K =$ ଅନୁପାତ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

ଉକ୍ତ ବସ୍ତୁଟିକୁ ତଳକୁ ଟାଣିଧରିବା ଅବସ୍ଥାରୁ ଛାଡ଼ିଦେବା ମାତ୍ରେ, ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ ବଳ ବସ୍ତୁରେ ତ୍ୱରଣ ଜାତ କରେ । ଏହି ତ୍ୱରଣ ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ ବଳ F ର

ସମାନୁପାତୀ, କିନ୍ତୁ ତ୍ୱରନ୍ୱିତ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ର ବିଷମାନୁପାତୀ, ବା ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ।

f ଯଦି ତ୍ୱରଣ ହୁଏ, ତେବେ $f=\frac{F}{m}=-\frac{K}{m}s=-Ks$........(2)

ସୁତରାଂ ତ୍ୱରଣ ବିସ୍ଥାପନର ସମାନୁପାତୀ; କିନ୍ତୁ ତାହାର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ ।

ଏପରି ସ୍ଥଳରେ ବସ୍ତୁଟି ତାହାର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାର ଯେତେ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ହେଉଥାଏ ତାହାର ବେଗ ସେତେ ଅଧିକ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ ବଳ ଓ ତଦ୍‌ଜନିତ ତ୍ୱରଣ କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଶେଷରେ ବସ୍ତୁଟି ତାହାର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ପହଞ୍ଚିଲା ମାତ୍ରେ ବଳ ଓ ତ୍ୱରଣ ଉଭୟ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଯୋଗୁଁ ବସ୍ତୁ ତା'ର ପୂର୍ବ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା ଅତିକ୍ରମ କରି ଆଗେଇ ଯାଏ । ଆଗେଇଯିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତାହାକୁ ତାହାର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାକୁ ଫେରାଇ ଆଣିବା ପାଇଁ ବଳ ସ୍ୱତଃ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ଜଡ଼ତ୍ୱ ହେତୁ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରୁ ବସ୍ତୁଟି ଯେତେ ଦୂରେଇ ଯାଉଥାଏ ତାହାକୁ ଫେରାଇ ଆଣିବା ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳର ମାନ ସେତେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବାରେ ଲାଗେ, ଶେଷରେ ବସ୍ତୁଟି ଏକ ଅବସ୍ଥାନରେ ସାମୟିକ ସ୍ଥିରତ୍ୱ ଲାଭ କରି ପୁଣି ତା'ର ପୂର୍ବ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କରେ । ବସ୍ତୁର ଏ ପ୍ରକାର ଗତି କାଳରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ ଓ ତଦ୍‌ଜନିତ ତ୍ୱରଣ ସର୍ବଦା ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନର ସମାନୁପାତୀ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବସ୍ତୁର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା ଦିଗରେ ହିଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ଏପରି ଗତିକୁ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତୀ କୁହାଯାଏ ।

ଅର୍ଥାତ୍ ଯେଉଁ କମ୍ପନ ଗତିରେ ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ତାହାର ବିସ୍ଥାପନର ସମାନୁପାତୀ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସର୍ବଦା ବସ୍ତୁର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ତାହାକୁ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି (**Simple Harmonic Motion**) କହନ୍ତି । ବସ୍ତୁର ଏହି ଗତି ସର୍ବଦା ଏକ ସରଳରେଖାରେ ସମ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଗତି ସମୟରେ ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ଓ ବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥାଏ । ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନ ସହିତ ସମାନୁପାତିତା ଏହି ଗତିର ବିଶେଷତ୍ୱ । ଏହି ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଏହା ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିଠାରୁ ପୃଥକ ।

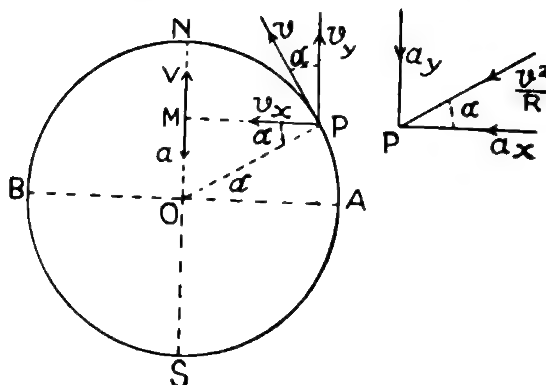
10.3 ଆବର୍ତ୍ତକାଳ, ଆବୃତ୍ତି ଓ ବିସ୍ତାର, (Period, Frequency and Amplitude) :

ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି କରୁଥିବା କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଯେଉଁ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଗ୍ର–ପଶ୍ଚାଦ୍ ଗତି (To and fro motion) ବା ଦୋଳନ ସମ୍ପାଦନ କରେ ତାହାକୁ ଆବର୍ତ୍ତକାଳ ବା ଦୋଳନ କାଳ କହନ୍ତି ।

ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି କାଳରେ ଏକକ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଯେତୋଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ସେହି ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟାକୁ ଆବୃତ୍ତି (Frequency) କୁହାଯାଏ । ସୁତରାଂ ଆବୃତ୍ତି ଆବର୍ତ୍ତକାଳର ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମ (Reciprocal) ଅଟେ । ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି ସମୟରେ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରୁ ବସ୍ତୁର ସର୍ବାଧିକ ବିସ୍ଥାପନକୁ ବିସ୍ତାର (Amplitude) କହନ୍ତି ।

10.4. ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବୃତ୍ତ (Circle of reference) :

ମନେକର P ବିନ୍ଦୁ v ସମବେଗରେ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଘୂରୁଅଛି [ଚିତ୍ର 45] । AB ଉକ୍ତ ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ଯେକୌଣସି ଏକ ବ୍ୟାସ । NS ବ୍ୟାସ ଓ



(ଚିତ୍ର 45)

AB ବ୍ୟାସ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ । ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ Pର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅବସ୍ଥାନରୁ NS ବ୍ୟାସ ଉପରେ ଅଭିଲମ୍ବ କଳ୍ପନା କଲେ ଅଭିଲମ୍ବର ପାଦବିନ୍ଦୁ ଏକ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀଗତି ସମ୍ପାଦନ କରିବ । P ବିନ୍ଦୁରୁ NS ବ୍ୟାସ ଉପରେ PM ଅଭିଲମ୍ବ ଟଣାଯାଉ । ବର୍ତ୍ତମାନ P ବିନ୍ଦୁ ସମବେଗରେ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ବାରମ୍ବାର ଘୂରିବାଦ୍ୱାରା ଅଭିଲମ୍ବ PMର ପାଦବିନ୍ଦୁ M ଉକ୍ତ NS ବ୍ୟାସ ଉପରେ କମ୍ପନ ଗତି ସମ୍ପାଦନ କରିବ । Mର ଏହି ଗତି ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀଗତି । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ର O ଏହାର ମଧ୍ୟମାନ ଅବସ୍ଥାନ (Mean position) ଏବଂ N ଓ S ଏହାର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନ । ଏଠାରେ ପ୍ରମାଣ କରଯାଇପାରେଯେ, ଅଭିଲମ୍ବର ପାଦବିନ୍ଦୁ Mର ତ୍ୱରଣ ସର୍ବଦା ମଧ୍ୟମାନ ଅବସ୍ଥାନ O ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଯେ କୌଣସି ଅବସ୍ଥାନରେ Mର ତ୍ୱରଣର ମାନ O ବିନ୍ଦୁରୁ ତାହାର ବିସ୍ଥାପନର ସମାନୁପାତୀ ହୋଇଥାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ P ବିନ୍ଦୁକୁ ଉତ୍ପାଦକ ବିନ୍ଦୁ (Generating point) ଏବଂ ଉକ୍ତ ବୃତ୍ତାକାର ପଥକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବୃତ୍ତ (Circle of reference) କୁହାଯାଏ । ଏଠାରେ M ବିନ୍ଦୁର କମ୍ପନହାର ବା ଆବୃତ୍ତି (Frequency of vibration) P ବିନ୍ଦୁର ଆବର୍ତ୍ତନହାର (Frequency of rotation) ସହିତ ନିଶ୍ଚୟ ସମାନ ହେବ ।

ମନେକର R ବୃତ୍ତର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଏବଂ ω P ବିନ୍ଦୁର କୋଣୀୟ ଗତିବେଗ ।

ସୁତରାଂ $\omega = \frac{v}{R}$.

A ବିନ୍ଦୁ P ବିନ୍ଦୁର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥାନ ହେଉ ।

ମନେକର t ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ OP ତାହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥାନ OA ସହିତ α କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ।

ସୁତରାଂ $\alpha = \omega t$

P ବିନ୍ଦୁରୁ ଅଭିଲମ୍ବ PMର ପାଦବିନ୍ଦୁ Mର ବିସ୍ଥାପନ
$=OM=OP \sin \alpha=R \sin \alpha$
$\therefore \alpha=\omega t$
$\therefore OM=R \sin \omega t$..........(1)

ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ର Oର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପନକୁ ଯୁକ୍ତ ଓ Oର ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପନକୁ ବିଯୁକ୍ତ ବୋଲି ଧରଯାଏ । ସୁତରାଂ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ବୀଜଗଣିତ ଚିହ୍ନରୁ M ବିନ୍ଦୁ t ସେକେଣ୍ଡ ପରେ O ବିନ୍ଦୁର କେଉଁ ଦିଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ସହଜରେ ଜଣାପଡ଼େ । ମଧ୍ୟମାନ ଅବସ୍ଥାନ O ଠାରୁ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବିସ୍ଥାପନ ON କିମ୍ବା OSକୁ କମ୍ପନର **ବିସ୍ତାର** (Amplitude) କହନ୍ତି ।

10.5 ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିରେ ପରିବେଗ ଓ ତ୍ୱରଣ :

ମନେକର M ବିନ୍ଦୁର ପରିବେଗ$=V$

P ବିନ୍ଦୁର ପରିବେଗର ବିଭକ୍ତାଂଶ AB ସହିତ ସମାନ୍ତର ଓ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଯଥାକ୍ରମେ v_x ଓ v_y ହେଉ [ଚିତ୍ର 45] ।

v_y, OA ଉପରେ ଏବଂ v, OP ଉପରେ ଲମ୍ବ ହୋଇଥିବାରୁ v ଓ v_y ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପନ୍ନ କୋଣ α ହେବ ।

ସୁତରାଂ $v_y=v \cos \alpha=v \cos \omega t$

v_x ବିଭକ୍ତାଂଶର M ପରିବେଗ ଉପରେ କୌଣସି ପ୍ରଭାବ ନାହିଁ ।

ତେଣୁ $V=v \cos \alpha$
$=v \cos \omega t$
$=\omega R \cos \omega t$...........(2)

ମନେକର M ବିନ୍ଦୁର ତ୍ୱରଣ $=a$

ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଘୂରୁଥିବା Pର ତ୍ୱରଣ $\frac{v^2}{R}$କୁ AB ସହିତ ସମାନ୍ତର ଓ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ବିୟୋଜନ କରଯାଉ ।

ମନେକର AB ସହିତ ସମାନ୍ତର ଓ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ବିଭକ୍ତାଂଶ ଯଥାକ୍ରମେ a_x ଓ a_y ।

a_x ବିଭକ୍ତାଂଶର Mର ଗତି ଉପରେ କୌଣସି ପ୍ରଭାବ ନାହିଁ ।

ସୁତରାଂ $a=a_y=\frac{v^2}{R} \sin \alpha.$
$=\frac{v^2}{R} \sin \omega t$
$=\omega^2 R \sin \omega t$...........(3)

ସମୀକରଣ (2)ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ, Mର ପରିବେଗ $\cos \alpha$ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

କିନ୍ତୁ $\cos \alpha=\frac{PM}{OP}.$

ସୁତରାଂ Mର ପରିବେଗ PMର ସମାନୁପାତୀ ।

N କିମ୍ବା S ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥାନ କାଳରେ PM=0 ହେଉଥିବାରୁ Mର ପରିବେଗ ଶୂନ୍ ହୁଏ ।

O ଠାରେ PMର ମାନ ବୃହତ୍ତମ ହେଉଥିବାରୁ Mର ପରିବେଗ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ।
ଏହି ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପରିବେଗର ମାନ $= \nu \cos 0 = \nu$.........(4)
ସମୀକରଣ (3) ଅନୁସାରେ $a = \omega^2 \times R \sin \omega t$
ସମୀକରଣ (1) ଅନୁସାରେ $R \sin \omega t =$ O ବିନ୍ଦୁ ଠାରୁ Mର ବିସ୍ଥାପନ ।
ସୁତରାଂ $a = \omega^2 \times$ O ବିନ୍ଦୁ ଠାରୁ Mର ବିସ୍ଥାପନ

ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{\text{ତ୍ୱରଣ}}{\text{ବିସ୍ଥାପନ}} = (\text{କୌଣିକ ପରିବେଗ})^2 = \omega^2$

ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲଯେ Mର ତ୍ୱରଣ ତାହାର ବିସ୍ଥାପନ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ । ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା କଥା ଯେ, ତ୍ୱରଣର ଦିଗ ସର୍ବଦା O ଦିଗକୁ ସୂଚାଇ ଥାଏ ।

$\sin \alpha = 0$ ହେଲେ $a = 0$ ହୁଏ ।
ଅର୍ଥାତ୍ $\alpha = 0$ କିମ୍ବା π ହେଲେ $a = 0$ ହୁଏ ।
ସୁତରାଂ M ବିନ୍ଦୁ O ବିନ୍ଦୁ ଦେଇ ଯିବା ସମୟରେ ତାହାର ତ୍ୱରଣ ଶୂନ୍ ହୁଏ ।
$\sin \alpha = \pm 1$ ହେଲେ ତ୍ୱରଣ a ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମାନ ଲଭ କରେ ।
ଅର୍ଥାତ୍ N କିମ୍ବା S ବିନ୍ଦୁଠାରେ Mର ତ୍ୱରଣର ମାନ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହି ସର୍ବୋଚ୍ଚମାନ $= \pm \frac{\nu^2}{R} = \pm \omega^2 R$.........(5)

T ଆବର୍ତ୍ତକାଳ ହେଲେ
$\nu T = 2\pi R$

ବା $T = \frac{2\pi R}{\nu} = \frac{2\pi R}{\omega R} = \frac{2\pi}{\omega}$

$\therefore \omega = \frac{2\pi}{T}$.........(6)

10·6. ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିରେ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ .

ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ-ବଳ ଅଧୀନରେ ଥିବା କୌଣସି ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନ ହେଲେ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ ନିଶ୍ଚିତ ଭବରେ କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଫଳରେ ବସ୍ତୁରେ ବିଭବ ଶକ୍ତି (Potential energy) ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ । ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି ପରି ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବଳ ବିସ୍ଥାପନର ସମାନୁପାତୀ ହୁଏ, ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ଅର୍ଥାତ୍ ବିଭବଶକ୍ତି କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳର ହାରାହାରି ମାନ $\bar{F}$ ଓ ବିସ୍ଥାପନ S ର ଗୁଣଫଳ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୁଏ ।

ସୁତରାଂ ବିଭବଶକ୍ତି, $E_p = \bar{F}.S = (\frac{1}{2}KS)\ S = \frac{1}{2}KS^2$
ସର୍ବାଧିକ ବିସ୍ଥାପନ ପାଇଁ ଅର୍ଥାତ୍ ବିସ୍ତାର A ଯୋଗୁଁ ବିଭବଶକ୍ତି ମଧ୍ୟ ସର୍ବାଧିକ ହୋଇଥାଏ ।

ସର୍ବାଧିକ ବିଭବଶକ୍ତି $= (E_p)_{max} = \frac{1}{2}KA^2$

ଏହି ସର୍ବାଧିକ ବିଭବଶକ୍ତିହିଁ କମ୍ପନ (Vibration) ନିମିତ୍ତ ଲବ୍ଧ ଶକ୍ତି । ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରୁ ବିଚ୍ୟୁତି ପରେ ବସ୍ତୁଟିକୁ ମୁକ୍ତକଲେ ମାତ୍ରେ ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ ବଳ ବସ୍ତୁରେ ତ୍ୱରଣ ଜାତ କରାଏ । ଏହାଫଳରେ ବିଭବଶକ୍ତି ଗତିଶକ୍ତି (Kinetic energy) ରେ

ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶକ୍ତିର ଅପଚୟ ନ ହୁଏ, ତେବେ କମ୍ପନର ପ୍ରତି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ବିଭବଶକ୍ତି ଓ ଗତିଶକ୍ତିର ଯୋଗଫଳ ସର୍ବଦା ସମାନ ରହେ ଏବଂ ତାହା ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥା (System)ର ଆଦ୍ୟ ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ :

2·0 କି:ଗ୍ରା: ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିରେ କମ୍ପନ ହେଉଅଛି । ଯଦି ତାହାର ବିସ୍ତାର 3.0 ସେ: ମି: ଏବଂ ଆବର୍ତ୍ତ କାଳ 5·0 ସେକେଣ୍ଡ ହୁଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁର କମ୍ପନ ପଥର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁରେ ଓ ଶେଷ ବିନ୍ଦୁରେ ବେଗ, ତ୍ୱରଣ ଓ ଗତିଶକ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ବିସ୍ତାର = 3·0 ସେ: ମି: = 0·03 ମି: ।

ସୁତରାଂ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବୃତ୍ତର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ = 0·03 ମି: ।

ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବୃତ୍ତରେ କଣିକାର ବେଗ $v_c = \frac{2\pi A}{T} = \frac{2\pi(0{\cdot}3)}{5{\cdot}0}$

$= 3{\cdot}8 \times 10^{-2}$ ମି: / ସେକେଣ୍ଡ

(i) କମ୍ପନ ପଥର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବୃତ୍ତର କଣିକା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବ୍ୟାସ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଗତି କରେ । ସୁତରାଂ ବସ୍ତୁର ବେଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବୃତ୍ତରେ ବେଗ ସହିତ ସମାନ ।

∴ ବସ୍ତୁର ବେଗ, $v_1 = v_c = 3.8 \times 10^{-2}$ ମି: /ସେକେଣ୍ଡ

ପଥର ମଧ୍ୟ ବିନ୍ଦୁପରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବୃତ୍ତରେ ତ୍ୱରଣ ବ୍ୟାସ ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ସଂଘଟିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ବ୍ୟାସ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ତ୍ୱରଣ ଶୂନ୍ ଅଟେ ।

∴ ମଧ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ତ୍ୱରଣ $a_1 = 0$

ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁରେ ଗତିଶକ୍ତି $= \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2}(2{\cdot}0)\,(3{\cdot}8 \times 10^{-2})^2$

$= 1{\cdot}4 \times 10^{-3}$ ଜୁଲ୍ ।

(ii) ପଥର ଶେଷ ବିନ୍ଦୁରେ, ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବୃତ୍ତରେ ବେଗ କମ୍ପନ ପଥ ସହିତ ଲମ୍ବଭାବରେ ରହେ । ସୁତରାଂ କମ୍ପନ ପଥ ଦିଗରେ ବେଗ, $v_2 = 0$

ଶେଷବିନ୍ଦୁରେ ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବୃତ୍ତରେ ତ୍ୱରଣ ସହିତ ସମାନ

ସୁତରାଂ ଶେଷବିନ୍ଦୁରେ ତ୍ୱରଣ $a_2 = a_c = \frac{v_c^2}{A} = \frac{(3{\cdot}8 \times 10^{-2})^2}{0{\cdot}03}$

$= 4{\cdot}8 \times 10^{-2}$ ମି: / ସେକେଣ୍ଡ / ସେକେଣ୍ଡ

ଶେଷ ବିନ୍ଦୁରେ ବସ୍ତୁର ବେଗ ଶୂନ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ଗତିଶକ୍ତି ମଧ୍ୟ ଶୂନ୍ ହୁଏ ।

10.7 ଦୋଳକ (Pendulum) :

1583 ଖ୍ରୀ: ଅ: ରେ ଇଟାଲୀୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗାଲିଲିଓ ଗୀର୍ଜା ଭିତରେ ଗୋଟିଏ ବତୀର ଦୋଳନକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟକରି ଏକ ଚମତ୍କାରପ୍ରଦ ତଥ୍ୟ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ସେ ଦେଖିଲେ ଯେ, ବତୀଟିର ଦୋଳନ ଧୀରେ ଧୀରେ କମି ଯାଉଥିଲେ ମଧ୍ୟ ବତୀର ଦୋଳନ କାଳ (Period) ସର୍ବଦା ସମାନ ରହିଲା । ଅର୍ଥାତ୍ ବତୀଟିର ଦୋଳନକାଳ ଯେ ଦୋଳନର ବିସ୍ତୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ, ଏହା ସେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଥିଲେ । ସେତେବେଳେ ସେ ହାତର ନାଡିର ସ୍ପନ୍ଦନ ଗଣି ଦୋଳନକାଳ ସ୍ଥିର କରିଥିଲେ ।

ଉପରୋକ୍ତ ତଥ୍ୟଟି ଘଡି ତିଆରିରେ ବ୍ୟବହାର କରଯାଇପାରେ ବୋଲି ଗାଲିଲିଓ ପ୍ରଥମେ ସୂଚାଇ ଥିଲେ । ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ହେଗେନସ ସଫଳତାର ସହିତ ଘଡିରେ ଦୋଳକ ବ୍ୟବହାର କରିଥିଲେ ।

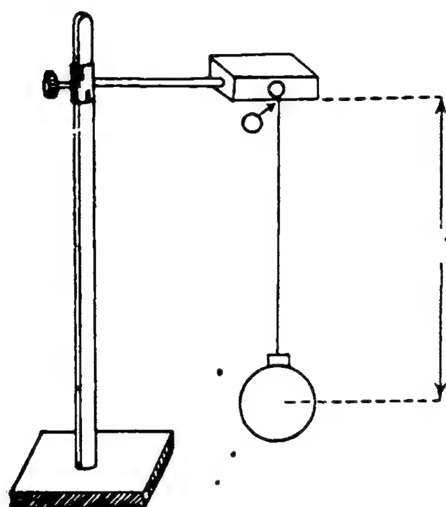
10.8 ଦୋଳକ (Pendulum) ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କେତୋଟି ସଂଜ୍ଞା :

ସରଳ ଦୋଳକ (Simple pendulum)—ଭାରଶୂନ୍ୟ (Weightless) ଓ ଅପ୍ରସାରଣୀୟ (Inextensible), କିନ୍ତୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନମନୀୟ (Flexible) ଏକ ସୂତା ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ଦୃଢ଼ ଅବଲମ୍ବନରୁ ଏକ ଭାରୀବସ୍ତୁ କଣିକା ମୁକ୍ତଭାବେ ଝୁଲାଇଲେ ତାହା ଯଦି ଦୋଳନକ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରେ, ତେବେ ତାହାକୁ ଏକ **ସରଳ ଦୋଳକ** କୁହାଯାଏ, କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତରେ ଏପରି ଦୋଳକ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବା ଅସମ୍ଭବ । କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷେତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଧାତବ ଗୋଲକକୁ ସମବେଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସୂକ୍ଷ୍ମ ସୂତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଦୃଢ଼ ଅବଲମ୍ବନରୁ ଝୁଲାଇ ଏକ ସରଳ ଦୋଳକ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରଯାଏ । ଧାତବ ଗୋଲକଟିକୁ ଦୋଳକର ଗୁଟିକା ବା ବବ୍ (Bob) କହନ୍ତି ।

ଅବାଧିତ ଭାବରେ ଦୋଳନକ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରୁଥିବା ଯେକୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ **ମିଶ୍ର ଦୋଳକ (Compound Pendulum)** କୁହାଯାଇପାରେ । କାନ୍ଥଘଣ୍ଟା (Wall clock)ରେ ବ୍ୟବହୃତ ଦୋଳକ ଏକ ମିଶ୍ର ଦୋଳକର ଉଦାହରଣ ।

ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ (Length of Pendulum) :

ଝୁଲଣ ବିନ୍ଦୁ (Point of Suspension)ରୁ ବବ୍‌ର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦୂରତ୍ୱକୁ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ ଦୋଳକର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଦୈର୍ଘ୍ୟ (Effective length) ମଧ୍ୟ କହନ୍ତି ।



(ଚିତ୍ର 46)

ଚିତ୍ର 46ରେ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ (l) ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରଯାଇଛି । ଚିତ୍ରରେ O ଝୁଲଣ ବିନ୍ଦୁ ।

ବିସ୍ତାର ବା କୋଣାଙ୍କ (Amplitude)

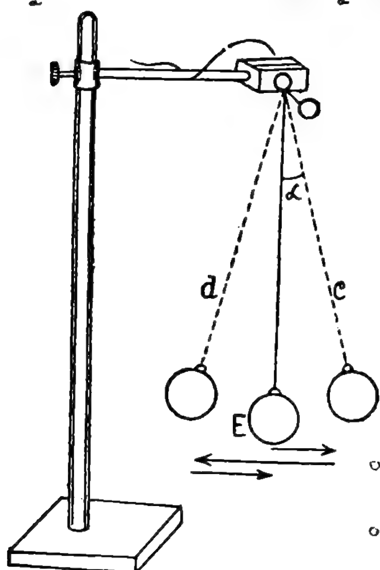
ବବ୍‌ର ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଦୋଳକର ସୂତା ସିଧାଭାବରେ ରହେ । ଏହା ଦୋଳକର ମଧ୍ୟମାନ ଅବସ୍ଥାନ (Mean position) । ବବ୍‌ଟିକୁ ଗୋଟିଏ କଡକୁ ସାମାନ୍ୟ ଠେଲି ଛାଡ଼ିଦେଲେ ତାହା ଦୋଳନକ୍ରିୟା (Oscillation) ସମ୍ପାଦନ କରେ । ବବ୍‌ର ଶେଷ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନ ଓ ମଧ୍ୟମାନ ଅବସ୍ଥା ମଧ୍ୟରେ ଝୁଲଣ ବିନ୍ଦୁରେ ଯେଉଁ କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହାକୁ କୋଣାଙ୍କ ବା ବିସ୍ତାର କହନ୍ତି । ଅର୍ଥାତ୍ ଦୋଳନ ସମୟରେ ଦୋଳକର

ବହୁତ୍ତମ କୌଣିକ ବିସ୍ଥାପନକୁ କୋଣାଙ୍କ କୁହାଯାଏ (ଚିତ୍ର 47ରେ କୋଣାଙ୍କ ∝ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହେଉଅଛି) । ଏହି କୋଣାଙ୍କ 4° ରୁ ଅଧିକ ହେବା ଉଚିତ ନୁହେଁ । ଏହା ସରଳ ଦୋଳକର ଏକ ଅତ୍ୟାବଶ୍ୟକ ସର୍ତ୍ତ । ଦୋଳନ ସମୟରେ ବାୟୁର ବାଧା ଯୋଗୁଁ ଓ ଝୁଲଣ ବିନ୍ଦୁରେ ଘର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ କୋଣାଙ୍କ ଧୀରେ ଧୀରେ କମିଆସେ ଏବଂ ଶେଷରେ ଦୋଳକ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ରହେ ।

ସରଳ ଦୋଳକର ଦୋଳନ କାଳ (Period of a simple pendulum) :

ଦୋଳନ ସମୟରେ ଦୋଳକ ଯେ କୌଣସି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଦଶା (Initial-phase)ରୁ ସେହି ଦଶାକୁ ଦ୍ୱିତୀୟବାର ଫେରି ଆସିଲେ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ (One Complete Oscillation) ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ।

ଦୋଳକର ଯେ କୌଣସି ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନରୁ ଦୋଳନ ଗଣନା କରଯାଇ-ପାରେ । ଅର୍ଥାତ ବାମ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନ dରୁ ଦୋଳନ ଆରମ୍ଭ କରି ଦୋଳକଟି ପୁନରାୟ ସେହି ବାମପ୍ରାନ୍ତ ଅବସ୍ଥାନକୁ ଫେରି ଆସିଲେ ଗୋଟିଏ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ (ଚିତ୍ର 47) । ସେହିପରି ଡାହାଣ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନ cରୁ ପୁନର୍ବାର ସେହି ଡାହାଣ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନକୁ ଫେରି ଆସିଲେ ଦୋଳକର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ହୋଇଥାଏ । ଅଥବା ଦୋଳକର ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାନ Eରୁ ଆରମ୍ଭ କରି c ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯାଇ Eକୁ ଫେରିଆସି କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ d ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯାଇ ପୁଣି Eକୁ ଫେରି ଆସିଲେ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସମ୍ପାଦିତ ହେଲ ବୋଲି ଧରଯାଏ । ଚିତ୍ର 47 ରେ ଏହା ତୀର ଚିହ୍ନ ସାହାଯ୍ୟରେ ସୂଚିତ କରଯାଇଛି । ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନପାଇଁ ଦୋଳକକୁ ଯେତେ ସମୟ ଲଗେ ତାହାକୁ ଦୋଳକର **ଦୋଳନ କାଳ** (Period) କହନ୍ତି ।



(ଚିତ୍ର 47)

ଦୋଳନ ସମୟରେ ଏକ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ସୀମାରୁ ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ସୀମା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦୋଳକର ଗମନକୁ ଦୋଳକର ଗୋଟିଏ କମ୍ପନ (Vibration) କୁହାଯାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ଦୋଳକ c ଅବସ୍ଥାନରୁ d ଅବସ୍ଥାନକୁ ଆସିଲେ ଗୋଟିଏ କଂପନ ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ । ଗୋଟିଏ କଂପନ ଗୋଟିଏ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନର ଅର୍ଦ୍ଧେକ । ତେଣୁ କଂପନକାଳ ମଧ୍ୟ ଦୋଳନକାଳର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ।

ଆବୃତ୍ତି (Frequency) :

ଗୋଟିଏ ଦୋଳକର ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଯେତେଥର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ହୁଏ, ସେହି ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟାକୁ **ଆବୃତ୍ତି** (Frequency) କହନ୍ତି ।

ଯଦି ଦୋଳକର ଦୋଳନକାଳ T ଓ ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା 'n' ହୁଏ, ତେବେ

$nT=1$

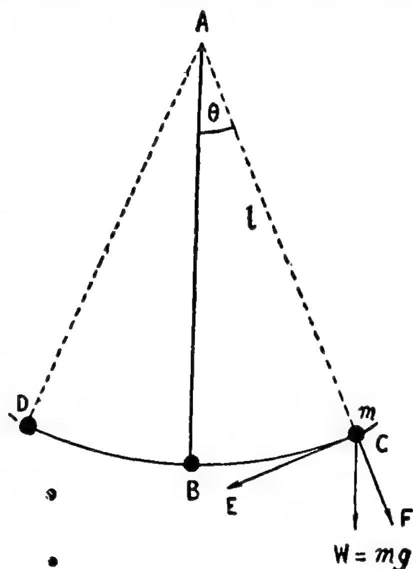
ବା $n=\frac{1}{T}$

10.9 ଦୋଳକର ଗତି ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀଗତିର ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ :

ମନେକର ଦୋଳକର ବବ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $=m$

ଏବଂ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $=l$.

ମନେକର ଦୋଳକଟି ତାହାର ମଧ୍ୟମାନ ଅବସ୍ଥାନ Bରୁ Cକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେଲା । ଏହି ଦୁଇ ଅବସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପନ୍ନ କୋଣ θ ହେଉ । ଯଦି ସ୍ଥାନୀୟ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ g ହୁଏ, ତେବେ ବବ୍‌ର ଓଜନ mgକୁ ଦୁଇଟି ଭାଗରେ ବିଯୋଜନ କରଯାଇପାରେ । ଦୋଳକର ସୂତ୍ର ଦିଗରେ ଅର୍ଥାତ୍ CF ଦିଗରେ ଏବଂ ତାହାର ଲମ୍ବ CE ଦିଗରେ ଏହି ବିଭକ୍ତାଂଶ ଦୁଇଟି ଯଥାକ୍ରମେ $mg \cos\theta$ ଏବଂ $mg \sin\theta$ (ଚିତ୍ର 48) । $mg \cos\theta$ ଦୋଳକର ସୂତାର ଟାନ (tension) ସହିତ ସମତା ରକ୍ଷା କରେ ଏବଂ $mg \sin\theta$ ବବ୍‌ଟିକୁ ତାହାର ମଧ୍ୟମାନ ଅବସ୍ଥାନ Bକୁ ଫେରଇ ଆଣିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ । ଫଳରେ ବବ୍‌ରେ $g \sin\theta$ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । θର ମାନ 4° ମଧ୍ୟରେ ରହିଲେ $\sin\theta=\tan\theta=\theta$ ବୋଲି ଧରଯାଇପାରେ ।



(ଚିତ୍ର 48)

ସୁତରାଂ ବବ୍‌ର ତ୍ୱରଣ $g \sin\theta=g\theta$.

ଦୋଳନ ସମୟରେ ବବ୍‌ଟି ଜଡ଼ତା ହେତୁ ଏବଂ ଅର୍ଜିତ ପରିବେଗ ଯୋଗୁ ତାର ମଧ୍ୟମାନ ଅବସ୍ଥାନ Bକୁ ଟପି BD ଦିଗରେ ଗତି କରିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ତାହାର ତ୍ୱରଣ ସର୍ବଦା B ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବାରୁ ଦୋଳକର ଗତି କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଏ, ଫଳରେ D ବିନ୍ଦୁରେ ପରିବେଗ ଶୂନ୍ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଦୋଳକର ଗତି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହିପରିଷ୍ଟବରେ ଦୋଳକର ଦୋଳନକ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ।

$$\theta=\frac{\text{ଚାପ BC.}}{\text{ଦୈର୍ଘ୍ୟ AB}}=\frac{\text{ବିସ୍ଥାପନ}}{\text{ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ } (l)}$$

$$\text{ସୁତରାଂ ତ୍ୱରଣ } g\theta=\frac{g}{l}\times \text{ବିସ୍ଥାପନ} \;\ldots\ldots\; (1)$$

ଯେ କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ ମାନ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ହୋଇଥିବାରୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୋଳକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତ୍ୱରଣ ବିସ୍ଥାପନର ସମାନୁପାତୀ ହୋଇଥାଏ; ଏବଂ ତତ୍ ସଙ୍ଗେ ତ୍ୱରଣ ସର୍ବଦା B ଦିଗରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବାରୁ ଦୋଳକର ଗତି ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି ଅଟେ ।

ପୂର୍ବେ ପ୍ରମାଣ କରଯାଇଅଛି ଯେ, ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀଗତି କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$\frac{\text{ତ୍ୱରଣ}}{\text{ବିସ୍ଥାପନ}} = (\text{କୌଣିକ ପରିବେଗ})^2 = \omega^2 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

(T = ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳ)

ଅର୍ଥାତ୍ $T^2 = 4\pi^2 \times \frac{\text{ବିସ୍ଥାପନ}}{\text{ତ୍ୱରଣ}} = 4\pi^2 \frac{l}{g}$

[ସମୀକରଣ (1) ଅନୁସାରେ]

$$\therefore T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

10.10 ସରଳ ଦୋଳକର ନିୟମ (Laws of Simple Pendulum) :

ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ଯ l ଏବଂ ସ୍ଥାନୀୟ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ g ହେଲେ ଦୋଳକର ଦୋଳନକାଳ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ହେବ ।

T କିପରି ଭବରେ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ସ୍ଥାନୀୟ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ, ତାହା ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣଟିରୁ ଜଣାପଡ଼େ । ଦୋଳକର ନିୟମ ମଧ୍ୟ ଏହି ସମୀକରଣରୁ ସ୍ଥିର କରଯାଇଅଛି ।

ପ୍ରଥମ ନିୟମ :

ସରଳ ଦୋଳକର ଦୋଳନ କାଳ କୋଣାଙ୍କ (Amplitude) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ; ଏଥିପାଇଁ କିନ୍ତୁ କୋଣାଙ୍କ 4° ରୁ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । କୋଣାଙ୍କ (4° ମଧ୍ୟରେ) ଯେତେହେଲେ ମଧ୍ୟ, ପ୍ରତି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନପାଇଁ ସମାନ ସମୟ ଲଗେ । ସେଥିପାଇଁ ଏହି ନିୟମଟିକୁ **ସମକାଳ ନିୟମ** (Laws of isochronism) କହନ୍ତି ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ

ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ସରଳ ଦୋଳକର ଦୋଳନକାଳ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବର୍ଗମୂଳର ସମାନୁପାତୀ । ଗୋଟିଏ ସରଳ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ଏବଂ ଦୋଳନକାଳ T ହେଲେ

$$T \propto \sqrt{l}$$

ବା $\frac{l}{T^2}$ = ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ, ଅବଶ୍ୟ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ସ୍ଥଳ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ଦୈର୍ଘ୍ୟ 4 ଗୁଣ ବଢ଼ିଲେ ଦୋଳନକାଳ 2 ଗୁଣ ବଢ଼େ । ଏହି ନିୟମକୁ **ଦୈର୍ଘ୍ୟର ନିୟମ** (Law of length) କୁହାଯାଏ ।

ତୃତୀୟ ନିୟମ :

ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ସରଳ ଦୋଳକର ଦୋଳନକାଳ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣର ବର୍ଗମୂଳର ବିଷମାନୁପାତୀ, ଅର୍ଥାତ୍ ସ୍ଥାନୀୟ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଜନିତ ତ୍ୱରଣ g ହେଲେ ଦୋଳକର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟପାଇଁ $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$ ଅର୍ଥାତ୍ T^2g=ଏକ ଧ୍ରୁବାଂକ । କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ 'g' ର ମାନ ଅଧିକ ହେଲେ ଦୋଳନକାଳ କମ ହୁଏ । ଏହି ନିୟମକୁ **ଦୋଳକର ତ୍ୱରଣ ନିୟମ** (Law of acceleration) କହନ୍ତି ।

ଚତୁର୍ଥ ନିୟମ :

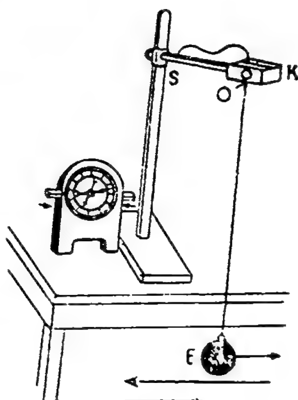
ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଲେ କୌଣସି ସରଳ ଦୋଳକର ଦୋଳନକାଳ ତାହାର ଗୁଟିକା ବା ବବ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ କିମ୍ବା ଗୁଟିକାଟି ଯେଉଁ ପଦାର୍ଥରେ ତିଆରି ତାର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସମାନ ରଖି ସୀସା, ପିତଳ, ଲୁହା, କାଠ ପ୍ରଭୃତି ଯେକୌଣସି ପଦାର୍ଥରେ ତିଆରି ଗୁଟିକା ବା ବବ୍ ବ୍ୟବହାର କଲେ ମଧ୍ୟ ଦୋଳନକାଳ ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମାନ ହେବ । ଏହି ନିୟମକୁ **ବସ୍ତୁତ୍ୱର ନିୟମ** (Law of mass) କହନ୍ତି ।

10.11 ଦୋଳକର ନିୟମ ଗୁଡ଼ିକର ସତ୍ୟାପନ (Verification of laws):

ହୁକ୍ ଲାଗିଥିବା ଗୋଟିଏ ପିତଳ କିମ୍ବା ଲୁହାର ବବ୍ (E)କୁ ସୂତାରେ ବାନ୍ଧି ଗୋଟିଏ କ୍ଲାମ୍ପ (K)ରୁ ଚିତ୍ର 49 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲା ଭଳି ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ । ଦୋଳକ ଝୁଲୁଥିବା ଷ୍ଟାଣ୍ଡ (S) ଟିକୁ ଟେବୁଲ ଧାରରେ ରଖାଯାଏ, ଯେପରିକି ଦୋଳକଟି ଅବାଧିତ ଭାବରେ ଦୋଳନକ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରିପାରେ । ଝୁଲଣ ବିନ୍ଦୁ (ଚିତ୍ରରେ O) ରୁ ବବ୍‌ର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ **କେନ୍ଦ୍ର** ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦୂରତ୍ୱହିଁ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ । ଗୋଟିଏ ମିଟର ସ୍କେଲ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଝୁଲଣ ବିନ୍ଦୁ ବବ୍‌ର ଅନ୍ତିମ ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦୂରତ୍ୱ ମାପି ତହିଁରୁ ବବ୍‌ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଅନ୍ତର କଲେ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମିଳେ । ସ୍ଲାଇଡ୍—କ୍ୟାଲିପରସ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ବବ୍‌ଟିର ବ୍ୟାସ ଅନ୍ତତଃ ପାଞ୍ଚଥର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ହାରାହାରି ବ୍ୟାସ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ତହିଁରୁ ବବଟିର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିରୂପଣ କରାଯାଏ ।

ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କଲାପରେ ଦୋଳନକାଳ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ ।

ଏଥିପାଇଁ ଦୋଳକର ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ସୂତା ସିଧା ଟେବୁଲ ଧାରରେ ଚକ୍‌ରେ ଗୋଟିଏ ଦାଗ ଦିଆଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବବ୍‌ଟିକୁ ଗୋଟିଏ ପାଖକୁ ସାମାନ୍ୟ ଟାଣିନେଇ ଛାଡ଼ିଦେଲେ ତାହାର ଦୋଳନ ହେବ । ଯେପରି ଟେବୁଲର ଧାର ସହିତ ସମାନ୍ତରଭାବରେ ଦୋଳନ ହୁଏ, ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟିଦେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଦୋଳନକାଳ ବିରାମଘଡ଼ି (Stop watch) ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ

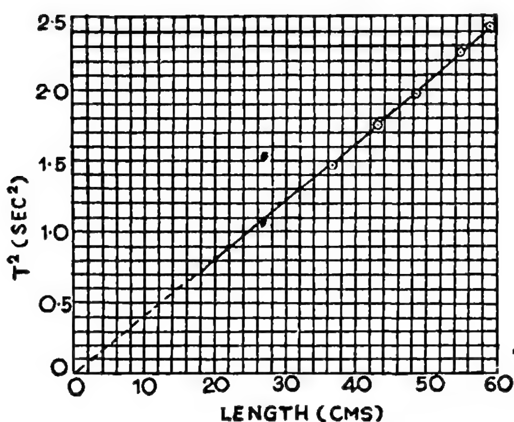


(ଚିତ୍ର 49)

କରଯାଏ; କିନ୍ତୁ ଏଥିପାଇଁ କୋଣାଙ୍କ କମ୍ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅପେକ୍ଷା କରିବା ଉଚିତ । ବାମରୁ ଡାହାଣକୁ ଯିବା ସମୟରେ ଦୋଳକଟି ଯେଉଁ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଚକଦାଗ ଅତିକ୍ରମକରେ । ଠିକ୍ ସେହି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ବିରାମଘଡ଼ି (Stop watch) ଚାଲୁକରଯାଏ । ଠିକ୍ ପରେ ପରେ ଦୋଳକଟି ପୁଣି ଯେତେବେଳେ ବାମରୁ ଡାହାଣକୁ ଗଲବେଳେ ଚକ୍‌ର ଦାଗ ଟପେ, ସେତେବେଳେ 'ଏକ' ଗଣାଯାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଦୋଳକର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସମାପ୍ତ ହେଲ ବୋଲି ଧରଯାଏ । ଏହିପରି 20ଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସମାପ୍ତ ହେଲ ମାତ୍ରେ ବିରାମ ଘଡ଼ିଟିକୁ ବନ୍ଦ କରି ଦିଆଯାଏ । ବିରାମ ଘଡ଼ିରୁ 20ଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନର ସମୟ ଜଣାପଡ଼େ । 20ଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନର ସମୟ ଅନ୍ତତଃ ତିନିଥର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ସେଗୁଡ଼ିକର ହାରହାରି ସମୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହୁଏ । ହାରହାରି ସମୟକୁ 20 ରେ ହରି ଦୋଳନକାଳ ନିରୂପଣ କରଯାଏ ।

ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ କରି ବିଭିନ୍ନ କୋଣାଙ୍କରେ ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଦୋଳନକାଳ ନିରୂପଣ କଲେ ଦେଖାଯିବ ଯେ, ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦୋଳନ୍-କାଳ ପ୍ରାୟ ସମାନ । ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲ ଯେ ଦୋଳନକାଳ କୋଣାଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

ଦୋଳକର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ନିମ୍ନଲିଖିତ ଭବରେ ପ୍ରତିପାଦନ କରଯାଇ-ପାରେ । ଏଥିପାଇଁ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ବିଭିନ୍ନ ଦୈର୍ଘ୍ୟପାଇଁ ଦୋଳନକାଳ ସ୍ଥିର କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ 120 ସେ: ମି:ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି 10 ସେ: ମି: ଅନ୍ତରରେ ଅନ୍ତତଃ 5ଟି ବିଭିନ୍ନ ଦୈର୍ଘ୍ୟପାଇଁ ଦୋଳନକାଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ $\frac{l}{T^2}$ ପ୍ରାୟ ସମାନ ହେବାର ଦେଖାଯିବ । ବର୍ତ୍ତମାନ l କୁ x— ଅକ୍ଷରେ ଓ T^2



(ଚିତ୍ର 50)

କୁ y— ଅକ୍ଷରେ ନେଇ ଗୋଟିଏ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କଲେ ତାହା ଗୋଟିଏ ସରଳ ରେଖା ହେବ (ଚିତ୍ର 50) । ଏହିପରି ଭବରେ ଦୋଳକର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମଟି ପରିକ୍ଷିତ ହୋଇପାରେ ।

ଦୋଳକର ତୃତୀୟ ନିୟମଟି ପ୍ରମାଣ କରିବାପାଇଁ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ କରି ତାକୁ ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନକୁ ନେବା ଆବଶ୍ୟକ । ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ (g) ର ମାନ ବିଭିନ୍ନ ଥିବା ଭଳି ସ୍ଥାନମାନଙ୍କୁ ନେଇ ପୂର୍ବପରି ଦୋଳକର ଦୋଳନକାଳ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ଥାନରେ ନିରୂପଣ କଲେ ଦେଖାଯିବ ଯେ $T^2 \times g$ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ଥଳରେ ପ୍ରାୟ ସମାନ ।

ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସମାନ ରଖି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ କାଚ, କାଠ, ସୀସା, ଲୁହା, ପିତଳ ପ୍ରଭୃତି ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁର ଗୁଟିକା ବ୍ୟବହାର କରି ପୂର୍ବପରି ଦୋଳନକାଳ ନିରୂପଣ କଲେ ଦେଖାଯିବ ଯେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦୋଳନକାଳ ସମାନ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଦୋଳକର ଚତୁର୍ଥ ନିୟମଟି ପ୍ରମାଣିତ ହେଲା ।

10.12 ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକ (Seconds pendulum) :

ଯେଉଁ ଦୋଳକର ଦୋଳନକାଳ 2 ସେକେଣ୍ଡ, ତାହାକୁ ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକ କହନ୍ତି । ତେଣୁ ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକର କମ୍ପନ କାଳ (Period of vibration) ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ।

10.13 ସରଳ ଦୋଳକ ସାହାଯ୍ୟରେ g ର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ—

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

ବା $T^2 = 4\pi^2 \dfrac{l}{g}$

ବା $g = 4\pi^2 \dfrac{l}{T^2}$

ଏହି ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କରି କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ g ର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇ-ପାରେ । ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନକରି ଅନ୍ତତଃ ପାଞ୍ଚୋଟି ବିଭିନ୍ନ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଦୋଳନକାଳ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଏ । ପ୍ରତି କ୍ଷେତ୍ରରେ $\frac{l}{T^2}$ ର ମାନ ସ୍ଥିରକରି ସେଗୁଡ଼ିକର ହାରାହାରି ମାନକୁ $4\pi^2$ ରେ ଗୁଣନ କଲେ g ମାନ ମିଳିଥାଏ । ଦୋଳନକାଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସମୟରେ କୋଣାଙ୍କ (Amplitude) 4° ମଧ୍ୟରେ ରହିବା ବିଧେୟ । କାରଣ $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ ସମୀକରଣଟି କେବଳ ସେହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । l—T^2 ଗ୍ରାଫ୍ ମଧ୍ୟ ସୁବିଧା ଅନୁଯାୟୀ ଯେ କୌଣସି ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ଓ ସେହି ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପାଇଁ T^2 ର ମାନ ସ୍ଥିର କରି ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣଟିରେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ସ୍ଥାନୀୟ g ର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ ହୋଇଥାଏ ।

10.14 ଦୋଳକ ବବ୍‌ର ସର୍ବାଧିକ ପରିବେଗ (Maximum velocity of the bob of a pendulum) :

ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମାନୁସାରେ ଦୋଳକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅବସ୍ଥାନରେ ଶକ୍ତି ପରିମାଣ ସମାନ ରହେ ।

ମନେକର ବବ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ=m, ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $=l$ ଏବଂ କୋଣାଙ୍କ$=\theta$

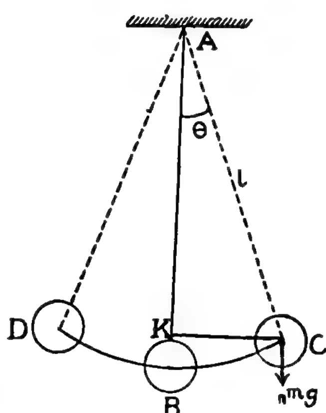
ଦୋଳକର ମଧ୍ୟମାନ ସ୍ଥାନରେ ତାହାର ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି ଗତି ଶକ୍ତିରେ ପର୍ଯ୍ୟବସିତ ହେଉଥିବାରୁ ସେଠାରେ ତାହାର ପରିବେଗ ସର୍ବାଧିକ । ପୁଣି ଦୋଳକର ଯେକୌଣସି ଅବସ୍ଥାନରେ ମୋଟଶକ୍ତି = ଦୋଳକର ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନ C ବା Dରେ ବିଭବଶକ୍ତି

$= mg \times BK$

ମଧ୍ୟମାନ ଅବସ୍ଥାନ B ଠାରେ ଏହା ଗତିଶକ୍ତିରେ ପର୍ଯ୍ୟବସିତ ହୋଇଥାଏ । ବସ୍ତୁଟି ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କରିବାର ଠିକ୍ ପୂର୍ବରୁ ଏହାର ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି ଗତିଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ ।

10.15 ଦୋଳକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ :

ଦୋଳକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷିତ ହୋଇଥାଏ । ଦୋଳକର ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାନ AB ରେ ବବ୍‌ର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ନିମ୍ନତମ ସ୍ଥାନ ଅଧିକାର କରିଥାଏ (ଚିତ୍ର 51) । ମନେକର ଦୋଳନ କାଳରେ C ଓ D ଦୋଳକର ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନ । ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାନରୁ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନକୁ ଗତି କରିବା ସମୟରେ ବବ୍‌ର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଧୀରେ ଧୀରେ ଉପରକୁ ଉଠେ । ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନ C ବା D ଠାରେ ଏହାର ସମସ୍ତଶକ୍ତି ବିଭବଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୁଏ, କାରଣ C ଓ D ଠାରେ ବବ୍‌ଟି ମୁହୂର୍ତ୍ତକ ପାଇଁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସୁଥିବାରୁ ତାହାର ଗତିଶକ୍ତି ନ ଥାଏ । ଦୋଳକର ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାନ AB ତୁଳନାରେ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନ C ବା D ଠାରେ ବବ୍‌ର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର BK ଉଚ୍ଚତାରେ ରହୁଥିବାରୁ ତା'ର ବିଭବଶକ୍ତି=ବବ୍‌ର ଓଜନ ×BK । ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମାନୁସାରେ ଦୋଳକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅବସ୍ଥାନରେ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ସମାନ ରହେ । ଦୋଳକର ସ୍ୱାଭାବିକ ସ୍ଥାନରେ ତାହାର ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି ଗତିଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏଠାରେ ବବ୍‌ର ପରିବେଗ ସର୍ବାଧିକ ।



(ଚିତ୍ର 51)

ମନେକର ବବ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ =m

ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ$=l$ ଏବଂ କୋଣାଙ୍କ $=\theta$

ଦୋଳକର ଯେକୌଣସି ଅବସ୍ଥାନରେ ମୋଟଶକ୍ତି

= ଦୋଳକର ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନ C ବା D ଠାରେ ବିଭବଶକ୍ତି

$= mg \times BK.$

ସ୍ୱାଭାବିକ ସ୍ଥାନ B ଠାରେ ବବ୍‌ର ପରିବେଗ ଯଦି v ହୁଏ

ତେବେ $\frac{1}{2}mv^2 = mg \times BK$

ବା $\frac{1}{2}mv^2 = mg\,(AB-AK)$

ବା $\frac{1}{2}v^2 = g\,(l-l\cos\theta)$

[$\because AC=AB=l$, ତେଣୁ $AK=l\cos\theta$]

$\therefore v^2=2gl\,(l-\cos\theta)$

ସୁତରାଂ $v=\sqrt{2gl\,(l-\cos\theta)}$

ଏହି ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କରି ବବ୍‌ର ସର୍ବାଧିକ ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ :

1. ଗୋଟିଏ ସରଳ ଦୋଳକ 40 ସେକେଣ୍ଡରେ 30 ଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସମ୍ପାଦନ କରେ । ସ୍ଥାନୀୟ g ର ମାନ 980 ସେ: ମି:/ ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ମନେକର ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $=l$

40 ସେକେଣ୍ଡରେ 30 ଟି ଦୋଳନ ହେଲେ

ଦୋଳନ କାଳ, $T=\frac{40}{30}=\frac{4}{3}$ ସେକେଣ୍ଡ

ବର୍ତ୍ତମାନ $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କଲେ ଆମେ ପାଇବା

$$\frac{4}{3}=2\pi\sqrt{\frac{l}{980}}$$

ବା $\frac{16}{9}=4\pi^2\frac{l}{980}$

ବା $l=\frac{16\times980}{9\times4\pi^2}$

$=\frac{16\times980\times7\times7}{9\times4\times22\times22}=44.12$ ସେ: ମି: (ପ୍ରାୟ)

$\therefore$ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରାୟ 44.12 ସେ: ମି: (ଉତ୍ତର)

2. g ର ସ୍ଥାନୀୟମାନ 980 ସେ: ମି:/ ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ସେହି ସ୍ଥାନରେ ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ହେବ ?

ମନେକର ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $=l_1$

ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକର ଦୋଳନକାଳ, $T=2$ ସେକେଣ୍ଡ

$g=980$ ସେ: ମି:/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ, $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କଲେ, ଆମେ ପାଇବା

$$2=2\pi\sqrt{\frac{l_1}{980}}$$

ବା $l=\pi\sqrt{\frac{l_1}{980}}$

ବା $l_1=\frac{980}{\pi^2}=\frac{980\times7\times7}{22\times22}=99{\cdot}4$ ସେ: ମି:

$\therefore$ ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 99·4 ସେ: ମି: (ଉତ୍ତର)

3. କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନରେ ଗୋଟିଏ ଦୋଳକର ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ହାରରେ କମ୍ପନ ହୁଏ (Beats seconds) । ସେହି ସ୍ଥାନରେ g ର ମାନ 981 ସେ: ମି:/ ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ । ଯେଉଁଠାରେ g ର ମାନ 979 ସେ:ମି:/ ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ, ସେଠାରେ ଉକ୍ତ ଦୋଳକଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କଲେ ତାହାର ନୂତନ ସ୍ଥାନରେ ମଧ୍ୟ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ହାରରେ କମ୍ପନ ହେବ ?

ଦୋଳକର ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ହାରରେ କମ୍ପନ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ ଏହାର ଦୋଳନ-କାଳ 2 ସେକେଣ୍ଡ । ମନେକର T_1 ଓ T_2 ଦୁଇଟି ସ୍ଥାନର ଦୋଳନକାଳ, l_1 ଓ l_2 ଦୁଇଟି ସ୍ଥାନରେ ଦୋଳକର ଲମ୍ବ ଏବଂ g_1 ଓ g_2 ଦୁଇଟି ସ୍ଥାନର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ ।

ତେଣୁ $T_1=2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g_1}}$

ବା $l = \pi\sqrt{\frac{l_1}{g_1}}$

ବା $l_1 = \frac{g_1}{\pi^2} = \frac{981}{\pi^2}$

ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ଥାନରେ $T_2=2=2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g_2}}$

ବା $l_2=g_2/\pi^2=\frac{979}{\pi^2}$

$\therefore\ l_1-l_2=\frac{981}{\pi^2}-\frac{979}{\pi^2}=\frac{2}{\pi^2}=\frac{2\times7\times7}{22\times22}=0.2$ ସେ: ମି: ସୁତରାଂ

ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ 0.2 ସେ:ମି: କମାଇବାକୁ ପଡିବ (ଉତ୍ତର)

ସାରାଂଶ

ଭାରଶୂନ୍ୟ ଓ ଅପ୍ରସାରଣୀୟ, କିନ୍ତୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନମନୀୟ ଏକ ସୂତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ଦୃଢ଼ ଅବଲମ୍ବନରୁ ଏକ ଭାରୀ ବସ୍ତୁକଣିକା ମୁକ୍ତଭାବେ ଝୁଲାଇଲେ ତାହା ଯଦି ଦୋଳନକ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରେ, ତେବେ ତାହାକୁ **ଏକ ସରଳ ଦୋଳକ** କୁହାଯାଏ ।

ସୂତ୍ର $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ସରଳ ଦୋଳକ କାହାକୁ କହନ୍ତି ? ସରଳ ଦୋଳକର ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ଉଲ୍ଲେଖ କର । ନିୟମଗୁଡ଼ିକ କିପରି ସାବ୍ୟସ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ ?

2. ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକ କାହାକୁ କହନ୍ତି ? ଗୋଟିଏ ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 2·5 ଗୁଣ ବଢ଼ିଲେ ତାହାର ଦୋଳନ କାଳ କେତେ ହେବ ? (ଉ: 3·16 ସେକେଣ୍ଡ)

3. ସରଳ ଦୋଳକ, କୋଣାଙ୍କ, ଏବଂ ଆବୃତ୍ତିର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ । ସରଳ ଦୋଳକ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ ?

4. 56 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସରଳ ଦୋଳକ କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନରେ 45 ସେକେଣ୍ଡରେ 30ଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସମ୍ପାଦନ କରେ । ସେହି ସ୍ଥାନରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 982·4 ସେ:ମି:/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

5. ଦୋଳକ ବ୍ୟବହୃତ ଘଡ଼ିଟିଏ ଦିନକୁ 5 ସେକେଣ୍ଡ ବିଳମ୍ବ ହୁଏ । ଏହାର ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ କେତେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କଲେ ଏହା ଠିକ୍ ସମୟ ସୂଚାଇବ ? [g ର ସ୍ଥାନୀୟ ମାନ 980 ସେ:ମି:/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ] (ଉ: ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ 0·0114 ସେ:ମି: କମାଇବା ଦରକାର ।)

6. ବିଷୁବରେଖାଠାରେ ଗୋଟିଏ ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । [g=32·09 ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ] (ଉ: 3·25 ଫୁଟ)

7. କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନରେ ଗୋଟିଏ ଦୋଳକ ଏକ ମିନିଟରେ 20ଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସମ୍ପାଦନ କରେ । ସ୍ଥାନୀୟ g ର ମାନ 32·2 ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 29·363 ଫୁଟ)

8. ଗୋଟିଏ ଦୋଳକର ଗୁଟିକା ମଧ୍ୟରେ କିଛି ପରିମାଣରେ ପାରଦ ରଖାଯାଇଅଛି । ଯଦି ଉକ୍ତ ଗୁଟିକା ମଧ୍ୟରେ ଆଉ କିଛି ପାରଦ ଭର୍ତ୍ତି କରାଯାଏ, ତେବେ ଦୋଳକଟିର ଦୋଳନକାଳ ବଢ଼ିବ ନା କମିବ ? କାରଣ ସହ ଉତ୍ତର ଦିଅ ।

ଗୋଟିଏ ସେକେଣ୍ଡ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ 0·25 ଇଞ୍ଚ ବଢ଼ାଇଲେ ତାହାର ଦୋଳନକାଳ କେତେ ହେବ ? (ଉ: 1·0032 ସେକେଣ୍ଡ)

9. ଗୋଟିଏ ଦୋଳକର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ 3 ଫୁଟ କମ୍ କରି ଦେବାରୁ ତାହାର ପ୍ରତି ମିନିଟରେ ଆବୃତ୍ତି (Frequency) ପୂର୍ବ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଆବୃତ୍ତିର $1\frac{1}{2}$ ଗୁଣ ହେଲା । ଦୈର୍ଘ୍ୟ କମ୍ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ଦୋଳକଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ଥିଲା ? (ଉ: 5·4 ଫୁଟ)

10. 4·0 କି:ଗ୍ରା: ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି ସମ୍ପାଦନ କରେ । ଯଦି ବିସ୍ତାର 30 ସେ:ମି: ଏବଂ ଆବର୍ତ୍ତକାଳ 0·6 ସେକେଣ୍ଡ ହୁଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 3·1 ମି:/ସେକେଣ୍ଡ)

11. ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଂରେ 15 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଝୁଲାଇଲେ ତାହାର 2 ସେ:ମି ସମ୍ପ୍ରସାରଣ ହୁଏ । ଯଦି ଏହି ସ୍ପ୍ରିଂରେ 294 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଝୁଲାଇ ସେଥିରେ କମ୍ପନ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବେଗ, କମ୍ପନ କାଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିସ୍ତାର=10 ସେ:ମି: । (ଉ: 50 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ, 1·26 ସେକେଣ୍ଡ)

12. ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଂରେ 4 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଝୁଲାଗଲା । ଯଦି ବସ୍ତୁଟିର ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି ହେଉଥାଏ, ତେବେ ତାହାର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏଠାରେ ବିସ୍ତାର=5·0 ଇଞ୍ଚ, ଆବର୍ତ୍ତକାଳ=0·314 ସେକେଣ୍ଡ

(ଉ: 8·3 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

———

ଏକାଦଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ଘର୍ଷଣ

Friction

11·1 ଘର୍ଷଣ (Friction) :

ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ବାହ୍ୟବଳ ପ୍ରୟୋଗ ବିନା କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସରଳରୈଖିକ ସମଗତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । ଭୂମି ଉପରେ ଗଡ଼ି ଯାଉଥିବା ଗୋଟିଏ ବଲ୍ କିଛି ସମୟପରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସେ । ବଲ୍ ଓ ଭୂମି ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ହେତୁ ବଲ୍‌ଟିର ବେଗ କ୍ରମେ କମିଆସେ ଓ ଶେଷରେ ବଲ୍‌ଟି ସ୍ଥିର ରହେ । ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ ଘର୍ଷଣ ଗୋଟିଏ ବଳ ।

ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ପରସ୍ପର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ସମୟରେ ଯଦି ଗୋଟିକକୁ ଅନ୍ୟଟି ଉପରେ ଦେଇ ଗତି କରାଇବାର ଚେଷ୍ଟା କରାଯାଏ, ତେବେ ଏକ ଗତି ପ୍ରତିରୋଧ ବଳର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ପଡେ । ଏହି ପ୍ରକାର ପ୍ରତିରୋଧ ବଳକୁ ପରସ୍ପର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ଅନ୍ତର୍ଗତ **ଘର୍ଷଣ ବଳ** କହନ୍ତି । ଘର୍ଷଣ-ବଳ ସର୍ବଦା ଗତିବିରୋଧୀ ଏବଂ ବିସ୍ତୁର ଇଂସିତ ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଭୂମି ଉପରେ ଥିବା କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ଟାଣିନେବା ପାଇଁ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ । ଗତି ସୃଷ୍ଟିକାରୀ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଘର୍ଷଣ ବଳ ଠାରୁ ଅଧିକ ହେଲେ ବସ୍ତୁଟି ଗତି କରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ।

ପରସ୍ପର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସୁଥିବା ପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରକାର ଭେଦରେ ଓ ଗତିର ପ୍ରକାର ଭେଦରେ ଘର୍ଷଣ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ହୋଇଥାଏ; ଯଥା—ସ୍ଥିତି-ଘର୍ଷଣ (Static friction), ଗତିଶୀଳ-ଘର୍ଷଣ (Kinetic friction), ଆବର୍ତ୍ତନ ଘର୍ଷଣ (Rolling friction), ତରଳ-ଘର୍ଷଣ (fluid friction)

11.2 (କ) ସ୍ଥିତି–ଘର୍ଷଣ (Static friction) ଓ ଗତିଶୀଳ-ଘର୍ଷଣ (Kinetic friction) :

ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ପରସ୍ପର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିଲେ ଗୋଟିଏ ଅନ୍ୟଟି ଉପରେ ଗତି ଆରମ୍ଭ କଲାବେଳକୁ ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ଅନ୍ତର୍ଗତ ଯେଉଁ ଘର୍ଷଣ ବଳ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ, ତାହାକୁ **ସ୍ଥିତି-ଘର୍ଷଣ** କହନ୍ତି । ଗତି ଆରମ୍ଭ ହେବାପରେ ମଧ୍ୟ ଘର୍ଷଣ ଗତି ପ୍ରତିରୋଧ କରୁଥାଏ । ଏହାକୁ **ଗତିଶୀଳ-ଘର୍ଷଣ** (Kinetic friction) କହନ୍ତି । ଗୋଟିଏ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଅନ୍ୟ ପୃଷ୍ଠର ଗତି ଆରମ୍ଭ କରିବାପାଇଁ ଯେଉଁ ବଳର ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ, ଗତି ବନ୍ଦକରିବା ପାଇଁ କିନ୍ତୁ ତାହା ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ଗତିଶୀଳ ଘର୍ଷଣର ମାନ ସ୍ଥିତି ଘର୍ଷଣର ମାନ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ।

(ଖ) ଆବର୍ତ୍ତନ-ଘର୍ଷଣ (Rolling friction) :

• ଏହା ଏକ ପ୍ରକାର ଗତିଶୀଳ ଘର୍ଷଣ । ଗୋଟିଏ ପୃଷ୍ଠ ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଗଡ଼ୁଥିବା ସମୟରେ ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ଘର୍ଷଣ ସୃଷ୍ଟିହୁଏ, ତାହାକୁ **ଆବର୍ତ୍ତନ ଘର୍ଷଣ** କହନ୍ତି । ଭୂମି ଉପରେ ବଲ୍ ବା ରାସ୍ତାରେ ଚକ ଗଡ଼ିବାବେଳେ ଆବର୍ତ୍ତନ ଘର୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଗୋଟିଏ ଭାରୀ ବସ୍ତୁକୁ ଭୂମି ଉପରେ ଟାଣି ନେବାପାଇଁ ଯେଉଁ ପରିମାଣର ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ, ତାହାକୁ କୌଣସି ରୋଲର ଉପରେ ରଖି ଗଡ଼ାଇ ଗଡ଼ାଇ ନେଲେ ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ବଳର ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ । ଏଥିରୁ ଜଣାପଡ଼େ ଯେ ଗତିଶୀଳ ଘର୍ଷଣ ଅପେକ୍ଷା ଆବର୍ତ୍ତନ ଘର୍ଷଣର ପ୍ରତିରୋଧ ଅନେକ କମ୍ । ସେଥିପାଇଁ ଗାଡ଼ିରେ ଚକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ, ମେସିନ୍‌ର ଘୂର୍ଣ୍ଣାୟମାନ ଅଂଶଗୁଡ଼ିକରେ ବଲ୍-ବିୟରିଂର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ କରାଯାଏ ।

(ଗ) ତରଳ ଘର୍ଷଣ (Fluid friction) :

ପରସ୍ପର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ କିମ୍ବା ଉଭୟ ତରଳ କିମ୍ବା ଗ୍ୟାସୀୟ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ଘର୍ଷଣ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତାହାକୁ **ତରଳ ଘର୍ଷଣ** (Fluid friction) କହନ୍ତି । କୌଣସି ସ୍ଥିର କଠିନ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ତରଳ ବା ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ କିମ୍ବା କୌଣସି ତରଳ ବା ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟଦେଇ କୌଣସି କଠିନ ବସ୍ତୁ ଗତିକଲେ ଏହି ତରଳ ଘର୍ଷଣ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଜଳରେ ଜାହାଜ ଓ ନୌକା କିମ୍ବା ଆକାଶରେ ଉଡ଼ାଜାହାଜ ଗତି କରିବା ସମୟରେ ଏହି ପ୍ରକାର ଘର୍ଷଣ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।

11.3 ଘର୍ଷଣର ଅପକାରିତା :

ପରସ୍ପର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି ଜନ୍ମିଲେ ଘର୍ଷଣର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଘର୍ଷଣ ଗତି ବିରୋଧୀ । ତେଣୁ ବସ୍ତୁକୁ ଗତିଶୀଳ କରିବାପାଇଁ ଅଧିକ ବଳର ପ୍ରୟୋଜନ ହୁଏ । ଘର୍ଷଣ ଫଳରେ ଘର୍ଷିତ ପୃଷ୍ଠ ଦୁଇଟି କ୍ଷୟପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ତାପ ଜାତ ହୋଇ ଘର୍ଷିତ ପୃଷ୍ଠ ଦୁଇଟିର କ୍ଷତି କରେ । ତେଣୁ ଉପଯୁକ୍ତ ନିର୍ମାଣ କୌଶଳ ସାହାଯ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣକୁ କମାଇବାର ଚେଷ୍ଟା କରାଯାଏ ।

ଆଧୁନିକ ଯନ୍ତ୍ରପାତିଗୁଡ଼ିକରେ ବଲ୍‌ବିୟରିଂ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଦୁଇଟି ଘର୍ଷଣଶୀଳ କଠିନ ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିଶେଷପ୍ରକାର ତୈଳର ଆସ୍ତରଣ ଥିଲେ ପୃଷ୍ଠ ଦୁଇଟିର ଘର୍ଷଣ ଅନେକ ପରିମାଣରେ କମିଯାଏ । ତଦ୍ୱାରା ଘର୍ଷିତ ପୃଷ୍ଠର କ୍ଷୟ କମ୍ ହୁଏ । ଏହିପରିଭାବରେ ବ୍ୟବହୃତ ତୈଳ ଇତ୍ୟାଦି ପଦାର୍ଥ ମାଧ୍ୟମକୁ ଘର୍ଷଣ-ହ୍ରାସକ ବା ଲୁବ୍ରିକାଣ୍ଟ (Lubricant) କହନ୍ତି; ଏବଂ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାକୁ ଲୁବ୍ରିକେସନ୍ ବା ସ୍ନେହନ (Lubrication) କୁହାଯାଏ ।

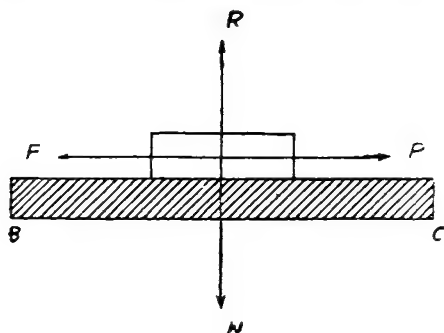
11.4 ଘର୍ଷଣର ଉପକାରିତା :

ଘର୍ଷଣ ଆମ ଦୈନନ୍ଦିନ କାର୍ଯ୍ୟରେ ଯଥେଷ୍ଟ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଘର୍ଷଣ ନ ଥିଲେ ଆମେ ଚାଲି ପାରନ୍ତୁ ନାହିଁ । ଚିକ୍କଣ ସ୍ଥାନରେ ଚାଲିବା କେତେ କଷ୍ଟ । ଟିକେ ଅସାବଧାନ

ହେଲେ ପାଦ ଖସିଯାଏ । ଚକ ଓ ରାସ୍ତା ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ନ ଥିଲେ ଗାଡ଼ିଗୁଡ଼ିକ ରସ୍ତାରୁ ଖସି ଯାଆନ୍ତା । ତେଣୁ ରସ୍ତା ଓ ଚକ ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ବଢ଼ାଇବାପାଇଁ ସାଇକଲ ଚକ ଓ ମଟରଗାଡ଼ି ଚକଗୁଡ଼ିକରେ କଟା କଟା ଓ ଅଙ୍କା ବଙ୍କା ଦାଗ କରଯାଇଥାଏ । ଘର୍ଷଣ ନ ଥିଲେ ବ୍ରେକ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗାଡ଼ି ଅଟକାଇ ହୁଅନ୍ତା ନାହିଁ । ଏପରିକି ଘର୍ଷଣ ନ ଥିଲେ କାନ୍ଥରେ ବା କାଠରେ କଣ୍ଟା ଅଟକାଇ ହୁଅନ୍ତା ନାହିଁ ।

11.5 ଚରମ ଘର୍ଷଣ (Limiting friction) :

ମନେକର ଗୋଟିଏ ଆୟତାକାର କଠିନ ବସ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ଟେବୁଲ BCର ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ରଖାଯାଇଛି (ଚିତ୍ର 52) । ଟେବୁଲ ଉପରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ରହିବା ସମୟରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କେବଳ ଦୁଇଟି ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ W ତାହାର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ସିଧା ତଳଆଡ଼କୁ ଓ ଟେବୁଲଟିର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ R ଉକ୍ତ କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ସିଧା ଉପରକୁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ଓଜନ W ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ R ପରସ୍ପର ବିପରୀତ-ମୁଖୀ ଓ ସମ ମାନ ହୋଇଥିବାରୁ ବସ୍ତୁଟି ଟେବୁଲ ଉପରେ ସ୍ଥିର ରହେ । ବର୍ତ୍ତମାନ ମନେକର BC ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବରେ ଏକ ସ୍ୱଳ୍ପ ମାନର



(ଚିତ୍ର 52)

ବଳ P ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲା । ଏହି ବଳ ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁଟି ଯଦି ସ୍ଥିର ରହେ, ତେବେ ବୁଝିବାକୁ ହେବ ଯେ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ P ର ସମ ମାନର ଏକ ବିପରୀତମୁଖୀ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଅଛି । ଏହାହିଁ ଘର୍ଷଣ ବଳ (F) । ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ P ର ମାନ ଧୀରେ ଧୀରେ ବଢ଼ାଇଲେ ବିପରୀତମୁଖୀ ଘର୍ଷଣ ବଳ ମଧ୍ୟ ଅନୁରୂପ ଭାବରେ ସ୍ୱତଃ ବଢ଼ି ବସ୍ତୁର ଗତି ଆରମ୍ଭ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ P ର ମାନ ସହିତ ସମାନ ରହେ । ଏହିପରି ଭାବରେ ବୃଦ୍ଧି ଲଭକରି ଘର୍ଷଣ ବଳ (F) ର ମାନ ଏକ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସୀମାରେ ପହଞ୍ଚେ । ଏହାପରେ P ର ମାନ ବଢାଇଲେ (F) ର ମାନ ବଢ଼ିପାରେ ନାହିଁ ଏବଂ ବସ୍ତୁଟି ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଦିଗରେ ଗତ ଆରମ୍ଭ କରେ । ବସ୍ତୁଟି ଠିକ୍ ଗତି ଆରମ୍ଭ କରିବାର ଅବ୍ୟବହିତ ପୂର୍ବାବସ୍ଥାରେ ଘର୍ଷଣ ବଳ (F) ର ଏହି ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମାନକୁ ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ **ଚରମ ଘର୍ଷଣ** (Limiting friction) କହନ୍ତି । ସ୍ଥିତି ଘର୍ଷଣର ଏହାହିଁ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମାନ । ବସ୍ତୁଟି ଗତି ଆରମ୍ଭ କଲାପରେ ଘର୍ଷଣ ବଳ ତାହାର ସର୍ବୋଚ୍ଚମାନ ଠାରୁ ସମାନ୍ୟ କମିଯାଏ । ଫଳରେ ବସ୍ତୁର ଗତି ବନ୍ଦ କରିବାପାଇଁ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଳ୍ପ ବଳର ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ । ଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁ ସମ୍ମୁଖୀନ ହେଉଥିବା ଘର୍ଷଣକୁ **ଗତିଶୀଳ ଘର୍ଷଣ** କହନ୍ତି ।

11.6 ଚରମ ଘର୍ଷଣର ନିୟମାବଳୀ (Laws of Limiting friction) :

(i) ଘର୍ଷଣ ସର୍ବଦା ଗତିର ବିରୋଧ କରେ ।

(ii) ଚରମ ଘର୍ଷଣ-ବଳ, ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟର ପାରସ୍ପରିକ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା-ବଳର ସମାନୁପାତିକ ।

(iii) ଚରମ ଘର୍ଷଣ ବଳର ମାନ ଘର୍ଷିତ ପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱୟର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ; କିନ୍ତୁ ପୃଷ୍ଠ ଦୁଇଟିର ପ୍ରକୃତି ଓ ଯେଉଁ ପଦାର୍ଥରେ ସେମାନେ ଗଠିତ ତାହା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

11.7 ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ (Coefficient of friction) :

ମନେକର ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଘର୍ଷଣ ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଲମ୍ବପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ$=R$

ଏବଂ ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଚରମ-ଘର୍ଷଣ ବଳ$=F$

ଚରମ ଘର୍ଷଣର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମାନୁସାରେ $F \propto R$

ବା $\frac{F}{R} = \mu$

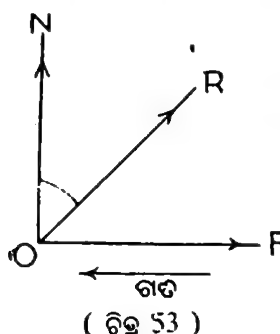
μ ଗୋଟିଏ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ । ଏହାକୁ **ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ** କହନ୍ତି । ଅର୍ଥାତ୍ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଚରମ-ଘର୍ଷଣ ଓ ଲମ୍ବ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା-ବଳର ଅନୁପାତକୁ ସେମାନଙ୍କର **ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ** କହନ୍ତି । ପୂର୍ବେ କୁହାଯାଇ ଅଛି ଯେ, କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ସ୍ଥିର ଭବରେ ଥିଲେ ପୃଷ୍ଠର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ବସ୍ତୁର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ, କିନ୍ତୁ ବିପରୀତମୁଖୀ ହୋଇଥାଏ ।

$\frac{F}{R} = \mu$

ବା $F = \mu R$

ଚରମ ଘର୍ଷଣ-ବଳ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କର ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କର ମାନ ମଧ୍ୟ ପୃଷ୍ଠ ଦୁଇଟିର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ପୃଷ୍ଠ ଦୁଇଟି ଯେତେ ଚିକ୍କଣ ହେବ, ସେମାନଙ୍କର ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କର ମାନ ସେତେ କମ୍ ହେବ । ସାଧାରଣତଃ ପୃଷ୍ଠ ଦୁଇଟିର ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ $\left(\mu = \frac{F}{R}\right)$ର ମାନ ଏକଠାରୁ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ ଏକକ ବିହୀନ ଏକ ବିଶୁଦ୍ଧ ରାଶି ।

11.8 ଘର୍ଷଣ କୋଣ (Angle of friction)



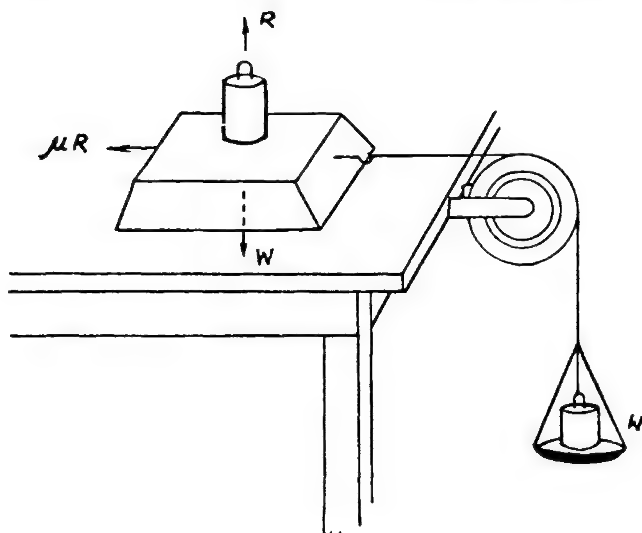
(ଚିତ୍ର 53)

ଚରମ ଘର୍ଷଣ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯଦି ଲମ୍ବ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା-ବଳ ଓ ଘର୍ଷଣ ବଳକୁ ସଂଯୋଜିତ କରି ଏକ ପରିଣାମୀ-ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ, ତେବେ ସେହି ପରିଣାମୀ ବଳ ଲମ୍ବ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା-ବଳ ସହିତ ଯେଉଁ କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ, ତାହାକୁ **ଘର୍ଷଣକୋଣ** କହନ୍ତି । ଚିତ୍ର 53 ରେ F ଚରମ ଘର୍ଷଣ, N ଲମ୍ବ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ । R ସେମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ-ବଳ । ଚିତ୍ରରେ ଘର୍ଷଣ କୋଣ $\angle NOR$ ସୂଚିତ ଦିଆଯାଇଅଛି ।

11.9 ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ (Determination of Coefficient of friction) :

(i) ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳ ବିଧି (Horizontal plane method) :

ଗୋଟିଏ କାଠ ଟେବୁଲର ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଗୋଟିଏ କାଠର ଫଳକ ରଖାଯାଏ । ଟେବୁଲର ଏକ ଧାରରେ ଗୋଟିଏ ପୁଲି (Pulley) ର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଥାଏ । କାଠ ଫଳକଟିର ଦେହରେ ଗୋଟିଏ ହୁକ୍ ଲଗିଥାଏ । କାଠ ଫଳକର ହୁକ୍‌ରେ ସୂତା ବାନ୍ଧି ସୂତାଟିକୁ ପୁଲି ଉପରେ ଦେଇ ନିଆଯାଏ । ଚିତ୍ର 54ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲାଭଳି ସୂତାର ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ପଲ୍ଲ ବା ତୁଳା ପାତ୍ର ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ । ପୁଲିଟି ଟେବୁଲ ସହିତ ଏପରି ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଯେ ସୂତାଟି ଟେବୁଲ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ରହେ । ସୂତା ବାନ୍ଧିବା ପୂର୍ବରୁ କାଠ ଫଳକ ଓ ତୁଳା ପାତ୍ରର ଓଜନ ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍ ଭାବରେ କମାନି ନିକିତି



(ଚିତ୍ର 54)

(Spring balance) ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟାଇଥାଏ । କାଠ ଫଳକ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ବଟକଗ ରଖାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପଲ୍ଲରେ ପ୍ରୟୋଜନ ଅନୁଯାୟୀ ଓଜନ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ, ଯେପରିକି କାଠ ଫଳକଟି ଠିକ୍ ଗତି କରିବାକୁ ଉଦ୍ୟତ ହୁଏ । କାଠ ଫଳକର ଏହି ଅବସ୍ଥାଟି ସଠିକ ଭାବରେ ଜାଣିବାପାଇଁ ଟେବୁଲ ଉପରେ ଧୀରେ ଟିପା ମାରିବାକୁ ହୁଏ । ଟିପା ମାରିବା ସମୟରେ ଫଳକଟି ଯଦି ସାମାନ୍ୟ ଘୁଞ୍ଚି ଘୁଞ୍ଚି ଯାଏ, ତେବେ ତାହା ଗତି କରିବା ପାଇଁ ଉପକ୍ରମ କରିଛି ବୋଲି ବୁଝିବାକୁ ହେବ । ଗତିର ଠିକ୍ ଉପକ୍ରମ ଅବସ୍ଥାରେ ଫଳକଟିର ଓଜନ ଓ ତାହା ଉପରେ ରଖା ହୋଇଥିବା ବଟକଗର ଓଜନ ମିଶି R ର ମାନ ଏବଂ ପଲ୍ଲ ଓ ତହିଁରେ ସ୍ଥାପିତ ଓଜନ ମିଶି ଚରମ ଘର୍ଷଣ F ର ମାନ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ ।

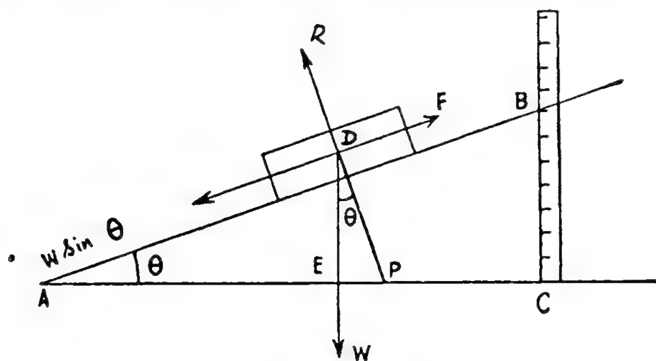
ଫଳକର ଓଜନ ଓ ତାହା ଉପରେ ଥିବା ବଟକଗର ଓଜନ ମିଶି ଯଦି w ହୁଏ ଏବଂ ପଲ୍ଲର ଓଜନ ଓ ତହିଁରେ ସ୍ଥାପିତ ବଟକଗ ଓଜନ ମିଶି w′ ହୁଏ, ତେବେ ଘର୍ଷଣର ଗୁଣାଙ୍କ,

$$\mu = \frac{F}{R} = \frac{w'}{w}$$

କାଠ ଫଳକ ଉପରେ ବିଭିନ୍ନ ଓଜନ ସ୍ଥାପନ କରି ଏହି ପରୀକ୍ଷାଟି କରାଯାଏ । ପରୀକ୍ଷା କରିବା ସମୟରେ କାଠ ଫଳକଟିକୁ ଟେବୁଲର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ରଖିବା ଦରକାର । ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ $\frac{w'}{w}$ ($=\mu$) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି μ ର ହାରାହାରି ମାନ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ ।

(ii) ଆନତ ସମତଳ ବିଧି (Inclined plane method) :

ମନେକର AB ଗୋଟିଏ ଆନତ ସମତଳ (ଚିତ୍ର 55) । ଏହାର ଆନତି (Inclination) ଇଚ୍ଛାନୁଯାୟୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ତଳ ଉପରେ ଗୋଟିଏ କାଷ୍ଠ ଫଳକ D ରଖାଯାଉ । କମାନି ନିକିତି ସାହାଯ୍ୟରେ ଫଳକର ଓଜନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଆନତ ତଳଟିର ଆନତି ଧୀରେ ଧୀରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଏପରି ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣିବାକୁ ହୁଏ, ଯେପରି ଫଳକଟି ତଳ ଆଡ଼କୁ ଖସିବାକୁ ଉଦ୍ୟତ ହୁଏ । ଏହି



(ଚିତ୍ର 55)

ଅବସ୍ଥାଟି ସଠିକ୍ ଭାବରେ ଜାଣିବାପାଇଁ ଆନତ ତଳଟିର ଉପରେ ପୂର୍ବପରି ଧୀରେ ଧୀରେ ଟିପା ମାରିବାକୁ ହୁଏ । ଯେଉଁ ଆନତିରେ ଫଳକଟି ଖସିବାକୁ ଉପକ୍ରମ କରେ, ତାହାକୁ **ଘର୍ଷଣ କୋଣ** କହନ୍ତି । ମନେକର ଏହି କୋଣଟି θ । କାଷ୍ଠ ଫଳକର ଓଜନ=w, ନିମ୍ନ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ । ଆନତ ତଳ ଓ ତାହାର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ w କୁ ବିଯୋଜନ କଲେ ବିଭାଜାଂଶ ଯଥାକ୍ରମେ w sin θ ଏବଂ w cos θ ହେବ । w sin θ ଫଳକଟିକୁ ତଳକୁ ଖସାଇବା ପାଇଁ ଉପକ୍ରମ କରେ । ଘର୍ଷଣ ଫଳକର ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଆନତ ତଳର ଉପର ଆଡ଼କୁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ତଳ ଆଡ଼କୁ ଖସିବାକୁ ଉପକ୍ରମ କରିବା ସମୟରେ ଫଳକଟି ଆନତ ତଳ ଉପରେ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହୁଥିବାରୁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚରମ ଘର୍ଷଣ,

$F = w \sin\theta$ ଏବଂ $R = w \cos\theta$

ଅତଏବ ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ $\mu = \frac{F}{R} = \frac{w \sin\theta}{w \cos\theta} = \tan\theta$

$\tan\theta = \frac{\text{ଆନତ ତଳର ଉଚ୍ଚତା BC}}{\text{ଆନତ ତଳର ଭୂମି AC}}$

ଯେଉଁ ଆନତିରେ ଫଳକଟି ତଳକୁ ଖସିବାର ଉପକ୍ରମ କରେ, ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ଆନତ ତଳର ଉଚ୍ଚତା ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଭୂମିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପି, ଉଚ୍ଚତାକୁ ଭୂମିର ଦୈର୍ଘ୍ୟରେ ଭାଗ କଲେ ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ ମିଳେ । ଅନ୍ତତଃ ପାଞ୍ଚଥର ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରି ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହିପରି ଭାବରେ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ତହିଁରୁ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କର ହାରାହାରି ମାନ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ ।

ଉଦାହରଣ :

ଯଦି ଗାଡ଼ିର ଚକ ଓ ରାସ୍ତା ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ 0·5 ହୁଏ, ତେବେ ଘଣ୍ଟାକୁ 60 ମାଇଲ ବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ଗୋଟିଏ ଗାଡ଼ି ଅତି କମ୍‌ରେ କେତେ ବାଟ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବ ? ($g=32$ ଫୁଟ ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡରେ)

ଏଠାରେ କେବଳ ଚକ ଓ ରାସ୍ତାର ଘର୍ଷଣ ଫଳରେ ଗାଡ଼ିଟି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବ ।

ମନେକର ଗାଡ଼ିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $=m$

ଆମେ ଜାଣୁ ଯେ $\frac{F}{R}=\mu$

ବା $F=\mu R$

$R=$ ଲମ୍ବ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ $=$ ଗାଡ଼ିର ଓଜନ $=mg$

$\therefore F=\mu mg$

ମନେକର ଏହି ବଳ ଗାଡ଼ିରେ f ମନ୍ଦନ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

ବଳ $=$ ବସ୍ତୁତ୍ୱ $\times$ ତ୍ୱରଣ

ତେଣୁ $\mu mg=mf$

ବା $f=\mu g$

ବା $f=0{\cdot}5\times 32=16$ ଫୁଟ/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ

ଗାଡ଼ିଟି ଘଣ୍ଟାକୁ 60 ମାଇଲ ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି ।

ଅର୍ଥାତ୍ $u=\frac{60\times 1760\times 3}{60\times 60}=88$ ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ

ଗାଡ଼ିଟି ଶେଷରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବ ।

ଅର୍ଥାତ୍ $v=0$

ମନେକର ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବାପାଇଁ ଗାଡ଼ିଟିକୁ s ପଥ ଅତିକ୍ରମ କରିବାକୁ ହେବ ।

$v^2=u^2+2fs$, ସମୀକରଣଟି ବ୍ୟବହାର କଲେ ଆମେ ପାଇବା

$0=88^2+2(-16)s$ (ଏଠାରେ ମନ୍ଦନ ହେତୁ f ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ)

ବା $32\,s=88\times 88$

ବା $s=\frac{88\times 88}{32}=242$ ଫୁଟ

$\therefore$ ଅତି କମ୍‌ରେ 242 ଫୁଟ ମଧ୍ୟରେ ଗାଡ଼ିଟି ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିପାରିବ ।

(ଉତ୍ତର)

ସାରାଂଶ

• ଘର୍ଷଣ ବଳ ସର୍ବଦା ଗତି ବିରୋଧୀ ଏବଂ ବସ୍ତୁର ଇପ୍‌ସିତ ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ ।

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଠିକ୍ ଗତି ଆରମ୍ଭ କରିବା ଅବ୍ୟବହିତ ପୂର୍ବାବସ୍ଥାରେ ଘର୍ଷଣ ବଳର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମାନକୁ ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଚରମ ଘର୍ଷଣ କହନ୍ତି । ଚରମ ଘର୍ଷଣ ବଳ, ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟର ପାରସ୍ପରିକ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳର ସମାନୁପାତିକ ।

$$\frac{F}{R} = \mu$$

ଏଠାରେ μ ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ । ଏହାକୁ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ କହନ୍ତି ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ଘର୍ଷଣ କ'ଣ ? ସ୍ଥିତି-ଘର୍ଷଣ ଓ ଗତିଶୀଳ ଘର୍ଷଣ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ ବୁଝାଇ ଦିଅ । 30 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଏକ ଟେବୁଲର ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ରଖା ଯାଇଅଛି । 8 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ବସ୍ତୁଟି ଯଦି ଟେବୁଲ ଉପରେ ଗତି କରିବାପାଇଁ ଉପକ୍ରମ କରେ, ତେବେ ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ କେତେ ? (ଉ: 0.267)

2. ଆନତ ସମତଳ ସାହାଯ୍ୟରେ କିପରି ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଏ ? ଗୋଟିଏ କାଠ ଫଳକ ଏକ ଆନତ ସମତଳ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଆନତ ସମତଳର 45° ଆନତିରେ ଫଳକଟି ତଳ ଆଡ଼କୁ ଖସେ । ଯଦି ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ 0·2 ହୁଏ, ତେବେ ଫଳକଟିର ତ୍ୱରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 18·21 ଫୁଟ/ ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

3. ଚରମ-ଘର୍ଷଣ ଓ ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ କାହାକୁ କହନ୍ତି ? ଭୂସମାନ୍ତର ତଳ ବିଧିରେ ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇ ପାରିବ ?

4. ଘର୍ଷଣ କୋଣ କାହାକୁ କହନ୍ତି ?
ଭୂମି ଉପରେ 2·5 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନର ଗୋଟିଏ ପଥର ଅଛି । ପଥର ଓ ଭୂମି ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ-ଗୁଣାଙ୍କ ଯଦି 0·4 ହୁଏ, ତେବେ ଅତିକମ୍‌ରେ କେତେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ପଥରଟିକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇ ହେବ ? (ଉ: 1 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ)

5. ଚରମ-ଘର୍ଷଣ ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ଉଲ୍ଲେଖ କର । ଘର୍ଷଣ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର କି ଉପକାର କରେ ?

6. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଏକ ଆନତସମତଳ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଆନତସମତଳର 30° ଆନତିରେ ବସ୍ତୁଟି ତଳକୁ ଖସିବାର ଉପକ୍ରମ କରେ । ଆନତି 60°କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ବସ୍ତୁଟିର ତଳ ଆଡ଼କୁ ତ୍ୱରଣ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (g=980 ସେ:ମି:/ ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ) (ଉ: 565.05 ସେ:ମି:/ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡ)

ଦ୍ୱାଦଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ସରଳଯନ୍ତ୍ର ଓ ତରାଜୁ

Simple machine & Balance

12.1 ସରଳଯନ୍ତ୍ର :

ଯେଉଁ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ବ୍ୟବସ୍ଥାଦ୍ୱାର ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଳ୍ପ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ସହଜରେ ଓ ସୁବିଧାରେ କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ, ତାକୁ **ସରଳଯନ୍ତ୍ର** କହନ୍ତି । ଏକାକୀ ଗୋଟିଏ ବଡ଼ ପଥରକୁ ଠେଲି ଘୁଞ୍ଚାଇବା ସମ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ବଡ଼ ଶାବଳ ସାହାଯ୍ୟରେ ତାହାକୁ ସହଜରେ ଘୁଞ୍ଚାଇ ହୁଏ । ଏଠାରେ ବ୍ୟବହୃତ ବଡ଼ ଶାବଳ (Crowbar) ଟି ଗୋଟିଏ ସରଳଯନ୍ତ୍ର । ଗୋଟିଏ ଗୁଆକୁ ହାତରେ ଭାଙ୍ଗିବା କଷ୍ଟକର; କିନ୍ତୁ ଗୁଆକାତି ସାହାଯ୍ୟରେ ତାହାକୁ ସହଜରେ ଭାଙ୍ଗି ହୁଏ । ଗୁଆକାତିର ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରେ କମ୍ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ମଧ୍ୟ ଅନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର ବହୁଗୁଣ ବଳର ଫଳ ମିଳିଥାଏ । ତେଣୁ ଗୁଆକାତି ମଧ୍ୟ ଏକ ସରଳଯନ୍ତ୍ର । ଅତ୍ୟଧିକ ଗରମ ପଦାର୍ଥ ଧରିବାପାଇଁ ଆମ୍ଭେମାନେ ସାଧାରଣତଃ ଚିମୁଟା ବ୍ୟବହାର କରିଥାଉଁ । ଜଳନ୍ତା ଚୁଲୀରୁ କୋଇଲା ବାହାର କରିବାପାଇଁ ମଧ୍ୟ ଚିମୁଟା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଚିମୁଟାରେ ଆମେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗର ସ୍ଥାନ ସୁବିଧାଜନକଭାବରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିଥାଉଁ, ଅର୍ଥାତ୍ ଚିମୁଟାରେ ବଳ ଏକ ସୁବିଧାଜନକ ସ୍ଥାନକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ । ସୁତରାଂ ଚିମୁଟା ମଧ୍ୟ ଏକ ସରଳ ଯନ୍ତ୍ର ।

ଆମେ ଜାଣୁ ଯେ ଶକ୍ତିର ସୃଷ୍ଟି ନାହିଁ କି ବିନାଶ ନାହିଁ । ଯନ୍ତ୍ର ନିଜସ୍ୱ ଉଦ୍ୟୋଗରେ କୌଣସି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ । ଆମେ ଯନ୍ତ୍ରରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାରୁ ଯନ୍ତ୍ର ଆମପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଯନ୍ତ୍ରରେ ଯେଉଁ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରଯାଏ, ତାହାକୁ **ସାମର୍ଥ୍ୟ** (Effort) କହନ୍ତି । ଯନ୍ତ୍ର ଯେଉଁ ଭାର ଉତ୍ତୋଳନ କରେ ବା ଯେଉଁ ପ୍ରତିରୋଧ (Resistance) ଅତିକ୍ରମ କରେ, ତାହା **ଭାର ବା ଓଜନ** (Load or weight) କହନ୍ତି ।

12.2 ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା (Mechanical advantage) :

କୌଣସି ଯନ୍ତ୍ରରେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରି ତଦ୍ୱାରା କୌଣସି ଭାର ବା ଓଜନ ଉତ୍ତୋଳନ କରଯାଇ ପାରେ କିମ୍ବା କୌଣସି ପ୍ରତିରୋଧ ଅତିକ୍ରମ କରଯାଇପାରେ । ଓଜନ ଓ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଅନୁପାତକୁ **ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା** କହନ୍ତି ।

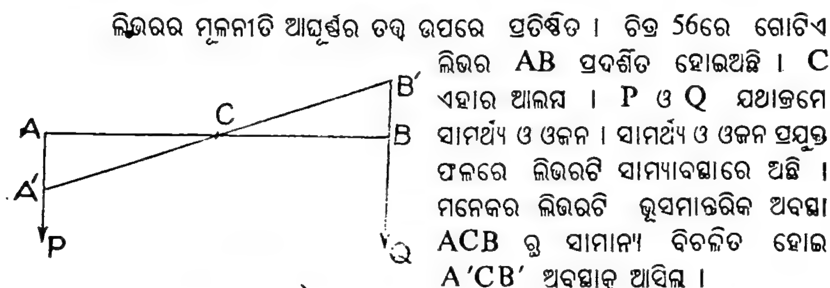
$$\text{ଅର୍ଥାତ୍ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା} = \frac{\text{ଓଜନ}}{\text{ସାମର୍ଥ୍ୟ}}$$

ସାଧାରଣତଃ ଗୋଟିଏ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଏପରି ଭାବରେ ତିଆରି କରଯାଏ ଯେ, ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧାର ମାନ ଏକରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ କମ୍ ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ ଓଜନ ଉଠାଯାଇପାରେ ବା ଅଧିକ ପ୍ରତିରୋଧ ଅତିକ୍ରମ କରଯାଇପାରେ ।

12.3 ଲିଭର୍ (Lever)

ଲିଭର ଗୋଟିଏ ସରଳଯନ୍ତ୍ର । ବଡ଼ ଶାବଳ, ଗୁଆକାତି, ଚିମୁଟା ଇତ୍ୟାଦି ଲିଭରର ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ । ଲିଭର ଗୋଟିଏ ଦୃଢ଼ (Rigid) ଦଣ୍ଡ, ଯେଉଁ ଦଣ୍ଡକି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁରେ ଭରଦେଇ ଘୂରିପାରେ । ଏହି ଭର ବା ଧରବିନ୍ଦୁକୁ **ଆଲମ୍ବ** (Fulcrum) କହନ୍ତି । ଦଣ୍ଡର ଏକ ସ୍ଥାନରେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୁଏ ଓ ଅନ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥାନରେ ଓଜନ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ଆଲମ୍ବଠାରୁ ସାମର୍ଥ୍ୟର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱକୁ **ସାମର୍ଥ୍ୟବାହୁ** (Effort arm) ଓ ଆଲମ୍ବଠାରୁ ଓଜନର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱକୁ **ଓଜନବାହୁ ବା ଭରବାହୁ** (Weight arm) କୁହାଯାଏ ।

ଲିଭରର ମୂଳନୀତି ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ତତ୍ତ୍ୱ ଉପରେ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ । ଚିତ୍ର 56ରେ ଗୋଟିଏ ଲିଭର AB ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । C ଏହାର ଆଲମ୍ବ । P ଓ Q ଯଥାକ୍ରମେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଓ ଓଜନ । ସାମର୍ଥ୍ୟ ଓ ଓଜନ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ଫଳରେ ଲିଭରଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ମନେକର ଲିଭରଟି ଭୂସମାନ୍ତରିକ ଅବସ୍ଥା ACB ରୁ ସାମାନ୍ୟ ବିଚଳିତ ହୋଇ A′CB′ ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିଲା ।



(ଚିତ୍ର 56)

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସାମର୍ଥ୍ୟର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି $=AA'$
ଓ ଓଜନର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି $=BB'$
ସୁତରାଂ ସାମର୍ଥ୍ୟ P ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ $=P\times AA'$
ଏବଂ ଓଜନ Q ବିରୁଦ୍ଧରେ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ $=Q\times BB'$
ଯଦି ଧରଯାଏ ଯେ, ଘର୍ଷଣ ବା ଅନ୍ୟ କୌଣସି କାରଣ ଶକ୍ତିର ଅପଚୟ ହୋଇନାହିଁ, ତେବେ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମାନୁସାରେ

$$P\times AA'=Q\times BB'$$

ବା $\dfrac{P}{Q}=\dfrac{BB'}{AA'}$,

ACA′ ଓ BCB′ $\triangle$ ଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ସଦୃଶ (Similar)

ତେଣୁ $\dfrac{BB'}{AA'}=\dfrac{BC}{AC}$

$\therefore \dfrac{P}{Q}=\dfrac{BB'}{AA'}=\dfrac{BC}{AC}$

ସୁତରାଂ $P\times AC=Q\times BC$

ଅର୍ଥାତ୍ C ବିନ୍ଦୁରେ P ର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=$C ବିନ୍ଦୁରେ Qର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ,
ଲିଭରଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହିଲେ;

ସାମର୍ଥ୍ୟ × ସାମର୍ଥ୍ୟବାହୁ = ଓଜନ × ଓଜନବାହୁ

ଏହାହିଁ ଲିଭରର ମୂଳନୀତି ।

ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା $=\dfrac{\text{ଓଜନ}}{\text{ସାମର୍ଥ୍ୟ}}=\dfrac{\text{ସାମର୍ଥ୍ୟ ବାହୁ}}{\text{ଓଜନ ବାହୁ}}$

ସାମର୍ଥ୍ୟବାହୁକୁ ଓଜନବାହୁ ଅପେକ୍ଷା ବଡ଼କରି ଅଳ୍ପ ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ ଓଜନ ଉଠାଯାଇପାରେ ବା ଅଧିକ ପ୍ରତିରୋଧ ଅତିକ୍ରମ କରାଯାଇପାରେ ।

12.4 ପରବେଗ ଅନୁପାତ (Velocity ratio) :

ସାମର୍ଥ୍ୟର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି ଓ ଓଜନର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତିର ଅନୁପାତକୁ **ପରିବେଗ ଅନୁପାତ** କୁହାଯାଏ ।

ଅର୍ଥାତ୍ ପରିବେଗ ଅନୁପାତ $= \dfrac{\text{ସାମର୍ଥ୍ୟର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି}}{\text{ଓଜନର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି}}$

ଚିତ୍ର 56 ରେ ସାମର୍ଥ୍ୟର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି $= AA'$

ଓଜନର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି $= BB'$

ତେଣୁ ଏଠାରେ ପରିବେଗ ଅନୁପାତ $= \dfrac{AA'}{BB'}$

12.5 ଯନ୍ତ୍ରର ଦକ୍ଷତା (Efficiency of a machine) :

ପ୍ରକୃତରେ କୌଣସି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଘର୍ଷଣକୁ ବାଦ୍ ଦେଇ ହୁଏ ନାହିଁ । ତେଣୁ କୌଣସି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଓଜନକୁ ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତ କରିବା ସମୟରେ ଓଜନ ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଘର୍ଷଣ ବିରୁଦ୍ଧରେ ମଧ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ହୁଏ ।

ତେଣୁ ସାମର୍ଥ୍ୟଦ୍ୱାରା ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ = ଓଜନ ବିରୁଦ୍ଧରେ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ + ଘର୍ଷଣ ବିରୁଦ୍ଧରେ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ।

ଓଜନ ବିରୁଦ୍ଧରେ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟହିଁ **ଉପଯୋଗୀ କାର୍ଯ୍ୟ** (**Useful work**) । ଘର୍ଷଣ ବିରୁଦ୍ଧରେ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ, ଅନୁପଯୋଗୀ କାର୍ଯ୍ୟ ବା ଶକ୍ତିର ଅପଚୟ ବ୍ୟତୀତ ଆଉ କିଛି ନୁହେଁ । ଏହିପରିଭାବରେ ଘର୍ଷଣ ହେତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଯନ୍ତ୍ରରେ କିଛି ପରିମାଣରେ ଅନୁପଯୋଗୀ କାର୍ଯ୍ୟ ବା ଶକ୍ତିର ଅପଚୟ ହୋଇଥାଏ । ସାମର୍ଥ୍ୟଦ୍ୱାରା ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟକୁ **ମୋଟ କାର୍ଯ୍ୟ** (Total work) କୁହାଯାଇପାରେ ।

କୌଣସି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଉପଯୋଗୀ କାର୍ଯ୍ୟ ଓ ସମୁଦାୟ କାର୍ଯ୍ୟର ଅନୁପାତକୁ **ଯନ୍ତ୍ରର ଦକ୍ଷତା** (Efficiency) କହନ୍ତି ।

ଅର୍ଥାତ୍ ଯନ୍ତ୍ରର ଦକ୍ଷତା $= \dfrac{\text{ଉପଯୋଗୀ କାର୍ଯ୍ୟ}}{\text{ସମୁଦାୟ କାର୍ଯ୍ୟ}}$

ଘର୍ଷଣ ହେତୁ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହେଉଥିବାରୁ ମୋଟ କାର୍ଯ୍ୟ, ଉପଯୋଗୀ କାର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ସର୍ବଦା ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।

ଚିତ୍ର 56 ଅନୁସାରେ ମୋଟ କାର୍ଯ୍ୟ = ସାମର୍ଥ୍ୟ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ $= P \times AA'$

ଏବଂ ଉପଯୋଗୀ କାର୍ଯ୍ୟ = ଓଜନ ବିରୁଦ୍ଧରେ ସମ୍ପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ $= Q \times BB'$

ତେଣୁ ଏଠାରେ ଯନ୍ତ୍ରର ଦକ୍ଷତା $= \dfrac{Q \times BB'}{P \times AA'}$

$$= \frac{Q/P}{AA'/BB'}$$

କିନ୍ତୁ $Q/P = \frac{\text{ଓଜନ}}{\text{ସାମର୍ଥ୍ୟ}}$ = ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା

ଏବଂ $\frac{AA'}{BB'}$ = ପରିବେଗ ଅନୁପାତ

ସୁତରାଂ ଯନ୍ତ୍ରର ଦକ୍ଷତା = $\frac{\text{ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା}}{\text{ପରିବେଗ ଅନୁପାତ}}$

ବା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା = ଯନ୍ତ୍ରର ଦକ୍ଷତା × ପରିବେଗ ଅନୁପାତ

12.6 ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀର ଲିଭର (Different Classes of lever) :

ସବୁ ଲିଭର କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆଲମ୍ବ, ସାମର୍ଥ୍ୟ ଓ ଓଜନ ମଧ୍ୟରେ ରହେ ନାହିଁ । ଆଲମ୍ବର ଅବସ୍ଥିତି ଅନୁସାରେ ଲିଭର ତିନି ଶ୍ରେଣୀରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

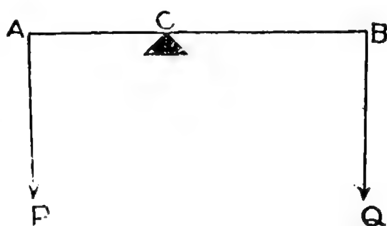
(i) ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭର (Lever Class I)

ଏହି ଜାତୀୟ ଲିଭରରେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଓ ଓଜନ ମଧ୍ୟରେ ଆଲମ୍ବ ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ରହେ । ଅର୍ଥାତ୍ ଆଲମ୍ବର ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଓ ଅନ୍ୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଓଜନ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ଚିତ୍ର 57 ରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭର ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

ଏଠାରେ P ଓ Q ଯଥାକ୍ରମେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଓ ଓଜନ, ଏବଂ C ଆଲମ୍ବ । ଲିଭରଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହିଲେ ଲିଭରର ମୂଳତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁସାରେ,

$P \times AC = Q \times BC$

ତେଣୁ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା $= \frac{Q}{P} = \frac{AC}{BC}$



(ଚିତ୍ର 57)

ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭରରେ ଆଲମ୍ବର ଅବସ୍ଥିତି ଅନୁଯାୟୀ ସାମର୍ଥ୍ୟବାହୁ ଓଜନ ବାହୁଠାରୁ ବଡ଼ ହୋଇପାରେ, ଓଜନ ବାହୁ ସଙ୍ଗେ ସମାନ ହୋଇପାରେ ଅଥବା ତାହାଠାରୁ ଛୋଟ ମଧ୍ୟ ହୋଇପାରେ ।

ଅର୍ଥାତ୍ $AC \gtreqless BC$

ସୁତରାଂ ତଦନୁଯାୟୀ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା $\gtreqless 1$ ହୋଇଥାଏ । ସମାର୍ଥ୍ୟ ବାହୁ ଓଜନ ବାହୁଠାରୁ ଯେତେ ବଡ଼ ହେବ, ସେହି ଅନୁପାତରେ ଅଳ୍ପ ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଅଧିକ ଓଜନର ପଦାର୍ଥ ଉଠାଇ ହେବ ।

ତରାଜୁ (Balance), କଇଁଚି (Scissors), ପ୍ଲାସ୍ (Pliers) ପିଲାଙ୍କ ଉଠାପକା ଖେଳପଟା (See-saw), ଢିଙ୍କି ପ୍ରଭୃତି ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭରର ଅନ୍ତର୍ଗତ ।

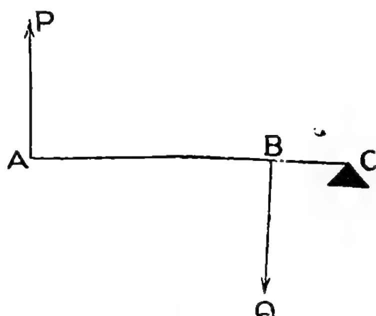
(ii) ଦ୍ୱିତୀୟ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭର (Lever Class II) :

ଏହି ଜାତୀୟ ଲିଭରରେ ଆଲମ୍ବ ଓ ସାମର୍ଥ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଓଜନ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଓ ଓଜନ ଆଲମ୍ବର ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ରହେ ।

ଚିତ୍ର 58ରେ ଏକ ଦ୍ୱିତୀୟ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭର ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ P ଓ Q ଯଥାକ୍ରମେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଓ ଓଜନ ଏବଂ C ଆଲମ୍ବ । ଲିଭରର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ $P \times AC = Q \times BC$

ତେଣୁ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା $= \frac{Q}{P} = \frac{AC}{BC}$

କିନ୍ତୁ ଏହି ଶ୍ରେଣୀର ଲିଭରରେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ବାହୁ AC ସର୍ବଦା ଓଜନ ବାହୁ BC ଠାରୁ ବଡ । ତେଣୁ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା > 1



(ଚିତ୍ର 58)

ଦ୍ୱିତୀୟ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭରରେ ସାମର୍ଥ୍ୟବାହୁ ଓଜନବାହୁ ଠାରୁ ବଡ଼ ହୋଇ ଥିବାରୁ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା ସୁନିଶ୍ଚିତ ଅର୍ଥାତ୍ ଅଳ୍ପ ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ ଓଜନର ପଦାର୍ଥ ଉଠାଇହୁଏ ବା ଅଧିକ ପ୍ରତିରୋଧ ଅତିକ୍ରମ କରିହୁଏ ।

ଡ଼ଙ୍ଗାର ଆହୁଲ (Row of a boat), ଠେଲାଗାଡ଼ି, ଗୁଆକାଟି ପ୍ରଭୃତି ଦ୍ୱିତୀୟ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭରର ଅନ୍ତର୍ଗତ ।

(iii) ତୃତୀୟ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭର (Lever Class III) :

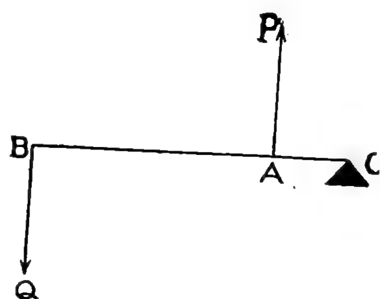
ଏହି ଶ୍ରେଣୀର ଲିଭରରେ ଓଜନ ଓ ଆଲମ୍ବ ମଧ୍ୟରେ ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ, ଚିତ୍ର 59ରେ ଏକ ତୃତୀୟ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭର ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ମଧ୍ୟ P ଓ Q ଯଥାକ୍ରମେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଓ ଓଜନ ଏବଂ C ଆଲମ୍ବ ।

ଲିଭରର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ

$P \times AC = Q \times BC$

ତେଣୁ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା$= \frac{Q}{p} = \frac{AC}{BC}$

କିନ୍ତୁ ଏହି ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭରରେ $AC < BC$ ସୁତରାଂ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା < 1



(ଚିତ୍ର 59)

ତୃତୀୟ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭରରେ ସାମର୍ଥ୍ୟବାହୁ ଓଜନବାହୁଠାରୁ ସର୍ବଦା ଛୋଟ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାଦ୍ୱାରା ଅବଶ୍ୟ ଅଧିକ ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗକରି ତଦନୁସାରେ କମ୍ ଓଜନର ପଦାର୍ଥ ଉଠାଇ ହୁଏ ବା କମ୍ ପ୍ରତିରୋଧ ଅତିକ୍ରମ କରିହୁଏ, କିନ୍ତୁ ଏହି ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭର ସାହାଯ୍ୟରେ ସୁବିଧାଜନକ ସ୍ଥାନରୁ ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରଯାଇ-ପାରେ । ଚିମୁଟା ଏହି ଶ୍ରେଣୀର ଲିଭର । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଜଳନ୍ତା ଚୁଲୀରୁ କୋଇଲା କାଢିହୁଏ । ଆମ ହାତର ଅଗ୍ରବାହୁ (Fore arm of man) ମଧ୍ୟ ଏହି ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭରର ଅନ୍ତର୍ଗତ । କହୁଣୀକୁ ଆଲମ୍ବଭବରେ ବ୍ୟବହାର କରି ହାତର ମାଂସପେଶୀ-ଦ୍ୱାରା ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ ପୂର୍ବକ ହାତ ପାପୁଲି ଉପରେ ରକ୍ଷିତ ପଦାର୍ଥକୁ ଆମ୍ଭେମାନେ ଉପରକୁ ଉଠାଇଥାଉଁ ।

ଉଦାହରଣ

15 ସେ:ମି: ଲମ୍ବର ଏକ ଗୁଆକାତିର ଶେଷ ମୁଣ୍ଡରେ 0·5 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ଗୁଆକାତିର କବ୍‌ଜା (Hinge) ଠାରୁ 4 ସେ:ମି: ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ଗୁଆକୁ ଭର୍ଗି ହୁଏ । ତେବେ ଗୁଆ ଉପରେ ସିଧା ସଳଖ କେତେ ଓଜନ ରଖିଲେ ଗୁଆଟି ଭର୍ଗିନିବ ?

କବ୍‌ଜା ଗୁଆକାତିର ଲମ୍ବ । ଗୁଆଟି କବ୍‌ଜାଠାରୁ 4 ସେ:ମି: ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ, ତେଣୁ ଏଠାରେ ଓଜନ ବାହୁ = 4 ସେ:ମି:
ସାମର୍ଥ୍ୟ = 0·5 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ
ସାମର୍ଥ୍ୟବାହୁ = 15 ସେ:ମି:
ଲିଭରର ମୂଳନୀତି ଅନୁସାରେ, ସାମର୍ଥ୍ୟ × ସାମର୍ଥ୍ୟବାହୁ = ଓଜନ × ଓଜନ ବାହୁ
ସୁତରାଂ 0·5 × 15 = ଓଜନ × 4

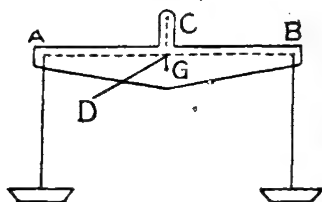
$$\therefore \text{ଓଜନ} = \frac{15 \times 0{\cdot}5}{4} = 1{\cdot}875 \text{ କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ ।}$$

0·5 କି:ଗା: ଓଜନର ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ଗୁଆ ଉପରେ 1·875 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନର ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବାରୁ ଗୁଆଟି ଭର୍ଗିଗଲା । ତେଣୁ ଗୁଆ ଉପରେ ସିଧା ସଳଖ 1·875କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ ରଖିଲେ ଗୁଆଟି ଭର୍ଗିଯିବ । (ଉତ୍ତର)

12·7 ସାଧାରଣ ତରଜୁ (Common Balance) :

ତରଜୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତୁଳନା କରଯାଏ ବା କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଏ । ତରଜୁ ବ୍ୟବହାର କରିବା ସମୟରେ ଆମେ ସାଧାରଣତଃ ବାମ ପଲରେ ପଦାର୍ଥ ଓ ଡାହାଣ ପାଲରେ ବଟକରା ରଖି ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ବଟକରାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତୁଳନା କରୁ । କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ବଟକରା ଉପରେ ପୃଥିବୀର ଆକର୍ଷଣ ଯେତିକି, ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ଆକର୍ଷଣ ମଧ୍ୟ ସେତିକି । ଦୁହିଁଙ୍କ ଉପରେ ପୃଥିବୀର ଆକର୍ଷଣ ସମାନ ହେବାରୁ ଉଭୟର ଓଜନ ସମାନ ରହେ ।

ବର୍ଣ୍ଣନା—ତରଜୁ ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ତୁଳାଦଣ୍ଡ (Beam) ଏହାର ମୂଳ ଅଂଶ । ଏହି ଦଣ୍ଡଟିକୁ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ କ୍ଷୁରଧାର (Knife edge) ଉପରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏକ ଧାତୁ ନିର୍ମିତ ସ୍ତମ୍ଭ ଉପରେ ଏକ ସମତଳ ଏଗେଟ୍ ପ୍ଲେଟ (Agate plate) ଥାଏ । ଏହି ଏଗେଟ୍ ପ୍ଲେଟ ଉପରେ କ୍ଷୁରଧାରଟି ଅବସ୍ଥିତ । ଦଣ୍ଡର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଦୁଇଟି ଏକା ରକମର ତୁଳାପାତ୍ର ଝୁଲା ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର 60)

ଚିତ୍ର 60ରେ ତରଜୁର ଏକ ସାଧାରଣ ରୂପରେଖ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । AB ତୁଳାଦଣ୍ଡଟି C ଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ କ୍ଷୁରଧାର ଉପରେ ଭରଦେଇ ଅବାଧରେ ଦୋଳନକ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରିପାରେ । ତେଣୁ C ଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ କ୍ଷୁରଧାରଟି ତୁଳାଦଣ୍ଡର ଆଲମ୍ବ ପରି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । G ତୁଳାଦଣ୍ଡର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର । A ଓ B ଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ କ୍ଷୁରଧାର ଦ୍ୱୟରୁ

ତୁଳାପାତ୍ର ଦୁଇଟି ଝୁଲି ହୋଇଥାଏ । ତୁଳାପାତ୍ର ଦୁଇଟି ଝୁଲି ହୋଇ ନ ଥିବା ଅବସ୍ଥାରେ ଦଣ୍ଡଟି କ୍ଷୁରଧାର ଉପରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ରହେ । ଦଣ୍ଡଟିର ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାନ କାଳରେ C ଓ G ଏକ ସରଳରେଖାରେ ରହେ । G ବିନ୍ଦୁ ଅବଶ୍ୟ Cର ତଳକୁ ଥାଏ । A ଓ B ବିନ୍ଦୁକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ଏକ ସରଳରେଖା ଅନୁମାନ କଲେ ତାହା CG ସରଳରେଖାକୁ ଲମ୍ବ ଭାବରେ D ବିନ୍ଦୁରେ ଛେଦ କରେ, ଅର୍ଥାତ୍ ଦଣ୍ଡଟି ଭୂସମାନ୍ତର ହୁଏ । AD ଓ BD ତରଜୁର ଦୁଇବାହୁ (Arm) । ଅର୍ଥାତ୍ କେନ୍ଦ୍ରୀୟ କ୍ଷୁରଧାରରୁ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ କ୍ଷୁର ଧାରର ଦୂରତ୍ୱକୁ ତରଜୁର ବାହୁ କହନ୍ତି । ତୁଳାଦଣ୍ଡ AB ସହିତ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ (Pointer) ଲମ୍ବ ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହା ଦଣ୍ଡଟିର ଠିକ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥଳରେ ସଂଯୁକ୍ତ । ନିର୍ଦ୍ଦେଶକର ନିମ୍ନ ପ୍ରାନ୍ତ କ୍ରମଶଃ ସରୁ ଓ ଏହା ତୁଳାଯନ୍ତ୍ରର ନିମ୍ନଭାଗରେ ସ୍ଥାପିତ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ସ୍କେଲ୍ ଉପରେ ଗତି କରିପାରେ । ଦଣ୍ଡ ଭୂସମାନ୍ତର ରହିଲେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକଟିର ଅପର ପ୍ରାନ୍ତ ସ୍କେଲର ଠିକ୍ ମଧ୍ୟ ଦାଗରେ ରହେ ।

12.8 ଉତ୍ତମ ତରଜୁର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ (Characteristics of a good Balance) :

ଏକ ଉତ୍ତମ ତରାଜୁ (କ) ସଠିକ୍ (True) (ଖ) ସୁଗ୍ରାହୀ (Sensitive) (ଗ) ସ୍ଥାୟୀ (Stable) ଏବଂ (ଘ) ଦୃଢ଼ (Rigid) ହେବା ଉଚିତ ।

(କ) ସଠିକ୍ (True)—ତୁଳାପାତ୍ର ଦୁଇଟିରେ ସମାନ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥ ଥିଲେ ଅଥବା କୌଣସି ପାତ୍ରରେ ପଦାର୍ଥ ଆଦୌ ନ ଥିଲେ ଯଦି ତରଜୁର ଦଣ୍ଡ ଭୂସମାନ୍ତର ରହେ, ତେବେ ସେହି ତରଜୁକୁ ସଠିକ୍ ବୋଲି କୁହାଯାଏ ।

ସର୍ତ୍ତ (Conditions)—(i) ଦଣ୍ଡ ଭୂସମାନ୍ତର ଥିବା ଅବସ୍ଥାରେ ତାହାର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଆଲମ୍ବର ନିମ୍ନରେ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଆଲମ୍ବର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱରେ ରହିଲେ, ଦଣ୍ଡଟି ସର୍ବଦା ଅସ୍ଥାୟୀ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା (Unstable equilibrium)ରେ ରହିବ; କାରଣ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରର ପ୍ରବୃତ୍ତି ହେଲା, ସର୍ବଦା ନିମ୍ନତମ ସ୍ଥାନ ଅଧିକାର କରିବା । ପୁଣି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଯଦି ଆଲମ୍ବ ସହିତ ଏକତ୍ର ରହେ, ତେବେ ଦଣ୍ଡଟି ଅବାଧରେ ଦୋଳନକ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରିପାରିବ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଏହା ଆଲମ୍ବର ନିମ୍ନରେ ରହିବା ଏକାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ।

ମନେକର ତୁଳାପାତ୍ର ଦୁଇଟିର ଓଜନ s_1 ଓ s_2 ଏବଂ ବାହୁ ଦୁଇଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ a ଓ b । ତୁଳାପାତ୍ରରେ କୌଣସି ପଦାର୍ଥ ନ ଥିବା ଅବସ୍ଥାରେ ଦଣ୍ଡର ସାମ୍ୟ ନିମିତ୍ତ ଆଲମ୍ବରେ ଉକ୍ତ ଓଜନ ଦୁଇଟିର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସମାନ ହେବା ଦରକାର ।

ଅର୍ଥାତ୍ $s_1 \times a = s_2 \times b$.........(1)

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ତୁଳାପାତ୍ରରେ ସମାନ ଓଜନ p ରଖାଯାଏ, ତେବେ ଦଣ୍ଡର ସାମ୍ୟ ନିମିତ୍ତ $(s_1+p)a=(s_2+p)b$

ବା $s_1 \cdot a + p \cdot a = s_2 \cdot b + p \cdot b$

ସମୀକରଣ (1) ଅନୁଯାୟୀ $s_1 \cdot a = s_2 \cdot b$

ସୁତରାଂ $p \cdot a = p \cdot b$

ବା $a = b$.........(2)

ଏହାକୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ସମୀକରଣ (1)ରେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ଆମେ ପାଇବା $s_1 = s_2$

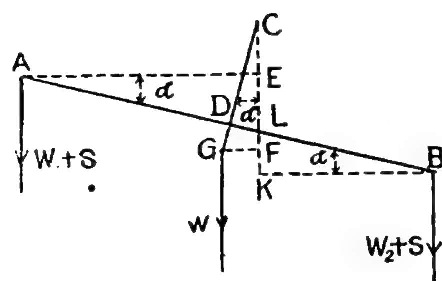
ତେଣୁ ତରଜୁ ସଠିକ୍ ହେବାପାଇଁ ଅନ୍ୟ ଦୁଇଟି ସର୍ତ୍ତ ହେଲା,

(ii) $a=b$ ଅର୍ଥାତ୍ ତରାଜୁର ବାହୁଦୁଇଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସମାନ ହେବା ଦରକାର ।

(iii) $s_1=s_2$ ଅର୍ଥାତ୍ ତୁଳାପାତ୍ର ବା ପଲ୍ଲ ଦୁଇଟିର ଓଜନ ସମାନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

(ଖ) ସୁଗ୍ରାହୀ (Sensitive)—ତୁଳାପାତ୍ର ଦୁଇଟିରେ ରଖାଯାଇଥିବା ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟିର ଓଜନରେ ଅତି ସାମାନ୍ୟ ପାର୍ଥକ୍ୟପାଇଁ ତୁଳାଦଣ୍ଡଟି ଯଦି ଭୂସମାନ୍ତର ଅବସ୍ଥାନରୁ ଅଧିକ ପରିମାଣରେ ବିକ୍ଷେପିତ (Deflected) ହୁଏ, ତେବେ ତରାଜୁଟି ସୁଗ୍ରାହୀ ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ଦଣ୍ଡର ଏହି ବିକ୍ଷେପିତ ଅବସ୍ଥାନ ତାହାର ଭୂସମାନ୍ତର ଅବସ୍ଥାନ ସହିତ ଯେଉଁ କୋଣ ଉତ୍ପାଦନ କରେ, ସେହି କୋଣହିଁ ସୁଗ୍ରାହୀର ପରିମାପ । ଧରଯାଉ, ବ୍ୟବହୃତ ତରାଜୁଟି ସଠିକ୍ । ଅର୍ଥାତ୍ ଏହାର ବାହୁ ଦୁଇଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସମାନ ଓ ତୁଳାପାତ୍ର ଦୁଇଟିର ଓଜନ ସମାନ, କେଉଁ କେଉଁ ସର୍ତ୍ତରେ ଏହା ସୁଗ୍ରାହୀ ହୋଇପାରିବ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

ମନେକର ତରାଜୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବାହୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ$=a$



(ଚିତ୍ର 61)

ପ୍ରତ୍ୟେକ ତୁଳାପାତ୍ରର ଓଜନ$=s$
ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ବ୍ୟବସ୍ଥା ସହ ଦଣ୍ଡର ଓଜନ$=w$
ବର୍ତ୍ତମାନ ବାମ ତୁଳାପାତ୍ରରେ w_1 ଓଜନର ଏବଂ ଡାହାଣଟିରେ w_2 ଓଜନର ପଦାର୍ଥ ରଖାଯାଉ । ମନେକର w_1 ଓଜନ w_2 ଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ । ଫଳରେ ତୁଳାଦଣ୍ଡଟି ଚିତ୍ର 61 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲଭଳି ତାହାର ଭୂସମାନ୍ତର ଅବସ୍ଥାରୁ ବିକ୍ଷେପିତ ହେବ । ମନେକର ଦଣ୍ଡର ଏହି ଅବସ୍ଥାନ ତାହାର ଭୂସମାନ୍ତର ଅବସ୍ଥାନ ସହିତ α କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ । ଚିତ୍ର 61ରେ C ତରାଜୁର ଆଲମ୍ବ । A ଓ B ପ୍ରାନ୍ତୀୟ କ୍ଷୁରଧାର ଦୁଇଟିର ଅବସ୍ଥିତି । ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ବ୍ୟବସ୍ଥା ସହ ଦଣ୍ଡଟିର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର G ଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ ।

ମନେକର $CD=d$, $CG=b$ ଏବଂ $AD=DB=a$
C ବିନ୍ଦୁରୁ CK ଭୂଲମ୍ବ ଟଣାଯାଉ ।

ବିକ୍ଷେପିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଦଣ୍ଡଟି ତାହାର ଭୂସମାନ୍ତର ଅବସ୍ଥା ସହିତ α କୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବାରୁ CG ମଧ୍ୟ ଭୂଲମ୍ବ CK ସହିତ α କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବ । AE, BK ଏବଂ GF ଯଥାକ୍ରମେ A, B ଓ G ବିନ୍ଦୁରୁ CK ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହେଉ ।

$\angle EAB=\angle KBD=\angle DCK=\alpha=$ ବିକ୍ଷେପ କୋଣ । ଦଣ୍ଡଟିର ଓଜନ w ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର G ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ । A ଓ B ରେ ଯାଥାକ୍ରମେ (w_1+S) ଏବଂ (w_2+S) ଓଜନ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ C ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରତ୍ୟେକର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନେଲେ ଆମେ ପାଇବା,

$$(w_1+s)\,AE+w\times GF=(w_2+s)\,BK$$

ଚିତ୍ର 61 ଅନୁସାରେ $AE=AL\cos\alpha$;

$GF=CG\sin\alpha$, $\quad BK=BL\cos\alpha$

ତେଣୁ (w_1+s) $AL \cos\alpha + w \times CG \sin\alpha$
$= (w_2+s)\, BL \cos\alpha$
ବା $(w_1+S)(AD+DL)\cos\alpha + w\times 6 \sin\alpha$
$=(w_2+S)(BD-DL)\cos\alpha$

ବା $(w_1+s)(a+d \tan\alpha)\cos\alpha + w\times b \sin\alpha$
$=(w_2+s)(a-d\tan\alpha)\cos\alpha$

ସମୀକରଣର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ $\cos\alpha$ ରେ ହରିଲେ ଆମେ ପାଇବା ଯେ,
$(w_1+s)(a+d\tan\alpha)+w.b\tan\alpha=(w_2+s)(a-d\tan\alpha)$
ବା $w_1.a+w_1.d\tan\alpha+s.a+s.d\tan\alpha+w.b\tan\alpha$
$=w_2.a-w_2.d\tan\alpha+s.a-s.d\tan\alpha$
ବା $w_1.d\tan\alpha+2s.d\tan\alpha+w.b\tan\alpha+w_2.d\tan\alpha=(w_2-w_1)a$
ବା $\tan\alpha\,(w_1d+2s.d+w_2.d+w.b)=(w_2-w_1)a$

ବା $\tan\alpha=\dfrac{(w_2-w_1)a}{w.b+(w_1+w_2+2s)d}$

ଓଜନ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ଦତ୍ତ ପାର୍ଥକ୍ୟ (w_2-w_1) ନିମିତ୍ତ α କୋଣର ମାନ ତରାଜୁର ସୁଗ୍ରାହୀର ପରିମାପ । α କୋଣର ମାନ ଯେତେ ଅଧିକ ହେବ, ତରାଜୁ ସେତେ ଅଧିକ ସୁଗ୍ରାହୀ ହେବ । କେଉଁ କେଉଁ ସର୍ତ୍ତରେ α କୋଣର ମାନ ଅଧିକ ହୋଇପାରେ, ତାହା ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ସ୍ଥିର କରଯାଇପାରେ । ନିମ୍ନଲିଖିତ ସର୍ତ୍ତରେ αର ମାନ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ତରାଜୁ ସୁଗ୍ରାହୀ ହୋଇଥାଏ ।

(i) aର ମାନ ଅଧିକ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ତରାଜୁର ବାହୁଦୁଇଟିର ଲମ୍ବ ଅଧିକ ହେଲେ,

(ii) w.b କ୍ଷୁଦ୍ର ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ଦଣ୍ଡଟି ହାଲୁକା ହେଲେ ଏବଂ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଆଲମ୍ବର ଅତି ନିକଟରେ ରହିଲେ,

(iii) s କ୍ଷୁଦ୍ର ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ତୁଳାପାତ୍ର ବା ପଲଦ୍ୱୟ ହାଲୁକା ହେଲେ,

(iv) d କ୍ଷୁଦ୍ର ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ C ଆଲମ୍ବ D ବିନ୍ଦୁର ଅତି ନିକଟରେ ରହିଲେ । ଏଥିପାଇଁ ତରାଜୁର କ୍ଷୁରଧାର ତିନୋଟି ଏକ ସମତଳରେ ରହିବା ଏକାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ।

(ଗ) **ସ୍ଥାୟିତ୍ୱ (Stability)** : କୌଣସି କାରଣରୁ ଦଣ୍ଡ ବିକ୍ଷେପିତ ହେବା ପରେ ତାହା ଯଦି ପୂର୍ବ ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାକୁ ଶୀଘ୍ର ଫେରିଆସେ, ତେବେ ସେହି ତରାଜୁକୁ ସ୍ଥାୟୀ କୁହାଯାଏ । ସୁଗ୍ରାହୀ ହେବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ସର୍ତ୍ତଗୁଡ଼ିକର ବିପରୀତ ସର୍ତ୍ତରେ ତରାଜୁ ସ୍ଥାୟୀ ହୋଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ,

(i) aର ମାନ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଅର୍ଥାତ୍ ତରାଜୁର ବାହୁଦୁଇଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କମ୍ ହେବା ଉଚିତ,

(ii) w.bର ମାନ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଅର୍ଥାତ୍ ଦଣ୍ଡଟି ଭରୀହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଦଣ୍ଡର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଆଲମ୍ବର ବହୁ ନିମ୍ନରେ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ,

(iii) sର ମାନ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଅର୍ଥାତ୍ ତୁଳାପାତ୍ର ଦୁଇଟିର ଓଜନ ଅଧିକ ହେବା ଦରକାର ।

ସ୍ବତରାଂ କୌଣସି ତରାଜୁ ଏକାଧାରରେ ସୁଗ୍ରାହୀ ଓ ସ୍ଥାୟୀ ହୋଇ ନ ପାରେ । କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷେତ୍ରରେ ଓ ଆବଶ୍ୟକତା ଅନୁସାରେ ଦୁଇପ୍ରକାର ସର୍ତ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ମୀମାଂସା କରାଯାଇଥାଏ ।

(ଗ) ଦୃଢ଼ (**Rigid**) : ତରାଜୁ ବ୍ୟବହାର କରିବା ସମୟରେ ତୁଳାପାତ୍ର ଦୁଇଟିରେ ରଖାଯାଇଥିବା ବସ୍ତୁ ବା ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ଯୋଗୁଁ ଦଣ୍ଡ ଯଦି ବାଙ୍କି ନ ଯାଏ, ତେବେ ତରାଜୁଟିକୁ ଦୃଢ଼ ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ତରାଜୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଓଜନ ନେବାକୁ ତିଆରି ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଓଜନ ମଧ୍ୟରେ ଯେ କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ନେଲାବେଳେ ଦଣ୍ଡଟି ଯଦି ବାଙ୍କି ନ ଯାଏ, ତେବେ ସେହି ତରାଜୁଟି ଦୃଢ଼ ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ତରାଜୁ ସୁଗ୍ରାହୀ ହେବାପାଇଁ ଦଣ୍ଡକୁ ଅଧିକ ଲମ୍ବ କରାଯାଏ; କିନ୍ତୁ ତାହା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଦଣ୍ଡଟି ଯେପରି ଦୃଢ଼ ରହେ, ସେଥିପ୍ରତି ନଜର ଦେବା ଏକାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ।

12·9. ତ୍ରୁଟିଯୁକ୍ତ ତରାଜୁରେ ଓଜନ କରିବା ବିଧି (Weighing with a faulty Balance) :

ବ୍ୟବହୃତ ତରାଜୁରେ ନାନାପ୍ରକାର ତ୍ରୁଟି ଥାଇପାରେ, ଯଥା—ତୁଳାପାତ୍ର ଦୁଇଟିର ଓଜନ ଅସମାନ ହୋଇପାରେ କିମ୍ବା ବାହୁଦ୍ବୁଇଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସମାନ ନ ଥାଇପାରେ ଇତ୍ୟାଦି । ଏହିପରି ନାନାପ୍ରକାର ତ୍ରୁଟିଯୁକ୍ତ ତରାଜୁରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପାୟରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସଠିକ୍ ଓଜନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

(କ) ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ-ବିଧି ବା ବୋର୍ଡ଼ାଙ୍କ ବିଧି (Method of substitution or Borda's method) :

ଏହି ବିଧି ଅନୁସାରେ ପରୀକ୍ଷଣୀୟ ବସ୍ତୁଟିକୁ ବାମ ତୁଳାପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ । ଡାହାଣ ତୁଳାପାତ୍ରରେ ବାଲି କିମ୍ବା ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଗୁଣ୍ଡ ପଦାର୍ଥ ଅଳ୍ପ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣରେ ରଖି ତୁଳାଦଣ୍ଡକୁ ଭାରସାମ୍ୟ କରାଯାଏ । ତାପରେ ପରୀକ୍ଷଣୀୟ ବସ୍ତୁଟିକୁ ବାମ ତୁଳାପାତ୍ରରୁ ଉଠାଇନେଇ ତାହା ପରିବର୍ତ୍ତରେ ବଟକରା ବାକ୍ସ (Weight-box)ରୁ ବଟକରାମାନ ରଖାଯାଏ, ଯେପରିକି ତୁଳାଦଣ୍ଡଟି ପୁଣି ଭାରସାମ୍ୟ ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବାମ ତୁଳାପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ବଟକରା ବସ୍ତୁର ଓଜନ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ । କାରଣ ଏହି ବିଧିରେ ପରୀକ୍ଷଣୀୟ ବସ୍ତୁ ଓ ତାହାର ଓଜନ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ବଟକରା ଏକା ତୁଳାପାତ୍ରରେ ରହୁଥିବାରୁ ତରାଜୁର ତ୍ରୁଟି ଉଭୟପାଇଁ ସମାନ ହୋଇଥାଏ ।

(ଖ) ଦୋହରା ଓଜନ ବିଧି ବା ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ବିଧି (Method of double weighing or Gauss' method) :

ତରାଜୁର ବାହୁ ଦୁଇଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସମାନ ନ ଥିଲେ ଏହି ବିଧି ଅନୁସରଣଦ୍ୱାରା ଯେକୌଣସି ବସ୍ତୁର ସଠିକ୍ ଓଜନ ଜଣାପଡ଼େ ।

ମନେକର ତରାଜୁର ବାହୁ ଦୁଇଟି ଅର୍ଥାତ୍ ଚିତ୍ର 60 ଅନୁସାରେ AD ଓ BD ସମାନ ନୁହେଁ । ପରୀକ୍ଷଣୀୟ ବସ୍ତୁର ସଠିକ୍ ଓଜନ=W । ତାହାକୁ ପ୍ରଥମେ ବାମ

ତଉଳପାତ୍ରରେ ରଖି ଡାହାଣ ତୁଳାପାତ୍ରରେ W_1 ଓଜନର ବଟକଉ ରଖିଲେ ଦଣ୍ଡଟି ଭୂସମାନ୍ତର ହୁଏ । ଏହି ଭରସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ C ବିନ୍ଦୁରେ ଉଭୟ ଓଜନର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସମାନ ହେବ, ଅର୍ଥାତ୍

$$W \times AD = W_1 \times BD \quad \ldots \qquad (1)$$

ତପରେ ପରୀକ୍ଷଣୀୟ ବସ୍ତୁକୁ ଡାହାଣ ତୁଳାପାତ୍ରକୁ ନେଇ ବାମ ତୁଳାପାତ୍ରରେ W_2 ଓଜନର ବଟକଉ ରଖିଲେ ଦଣ୍ଡଟି ପୁଣି ଭୂସମାନ୍ତର ହୁଏ ।

ଦଣ୍ଡର ଏହି ଭରସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ,

$$W \times BD = W_2 \times AD \quad \ldots \quad \ldots \qquad (2)$$

ଗୁଣନଦ୍ୱାରା ସମୀକରଣ (1) ଓ (2)ରୁ ଆମେ ପାଇବା

$$W^2 \times AD \times BD = W_1 \times W_2 \times AD \times BD$$

ବା $W^2 = W_1 \times W_2$

ବା $W = \sqrt{W_1 \times W_2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \qquad (3)$

ଉପରୋକ୍ତ ବିଧିରେ ତରାଜୁ ସାହାଯ୍ୟରେ W_1 ଓ W_2 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ସେମାନଙ୍କର ଗୁଣଫଳର ବର୍ଗମୂଳ ସ୍ଥିର କଲେ, ତାହା ସମୀକରଣ (3) ଅନୁଯାୟୀ ପରୀକ୍ଷଣୀୟ ବସ୍ତୁର ସଠିକ୍ ଓଜନ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ ।

ହରଣଦ୍ୱାରା ସମୀକରଣ (1) ଓ (2) ରୁ ଆମେ ପାଇବା

$$\frac{AD}{BD} = \frac{W_1}{W_2} \times \frac{BD}{AD}$$

ବା $\dfrac{AD^2}{BD^2} = \dfrac{W_1}{W_2}$

ବା $\dfrac{AD}{BD} = \sqrt{\dfrac{W_1}{W_2}} \qquad (4)$

ତରାଜୁର ବାହୁ ଦୁଇଟିର ଅନୁପାତ ସମୀକରଣ (4) ଅନୁସାରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ :

ଅସମାନ ବାହୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତରାଜୁରେ ବାମ ତୁଳାପାତ୍ରରେ ବସ୍ତୁ ରଖି ଓଜନ କଲେ ଓଜନ 58.55 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ବସ୍ତୁଟିକୁ ଡାହାଣ ତୁଳାପାତ୍ରକୁ ନେବାରୁ ଓଜନ 58.79 ଗ୍ରାମ୍ ହୁଏ । ତରାଜୁ ବାହୁ ଦୁଇଟିର ଅନୁପାତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ $w_1 = 58.55$ ଗ୍ରାମ୍

$w_2 = 58.79$ ଗ୍ରାମ୍

ତେଣୁ ବାହୁ ଦୁଇଟିର ଅନୁପାତ $\sqrt{\dfrac{W_1}{W_2}}$

$$= \sqrt{\frac{58.55}{58.79}} = \sqrt{\frac{58.55}{58.79}} = 0.98 \quad \text{(ଉତ୍ତର)}$$

ସାରାଂଶ

• ଯେଉଁ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ବ୍ୟବସ୍ଥାଦ୍ୱାରା ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ସହଜରେ ଓ ସୁବିଧାରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରି ହୁଏ, ତାହାକୁ ସରଳଯନ୍ତ୍ର କହନ୍ତି ।

ଲିଭର ଗୋଟିଏ ଦୃଢ଼ ଦଣ୍ଡ, ଯେଉଁ ଦଣ୍ଡକି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁରେ ଭରଦେଇ ବୁଲିପାରେ । ଏହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁକୁ ଆଲମ୍ବ କହନ୍ତି । ଆଲମ୍ବର ଅବସ୍ଥିତି ଅନୁଯାୟୀ ଲିଭର ତିନି ଶ୍ରେଣୀର ହୋଇଥାଏ ।

ଲିଭରର ମୂଳନୀତି :

ସାମର୍ଥ୍ୟ × ସାମର୍ଥ୍ୟ ବାହୁ = ଓଜନ × ଓଜନ ବାହୁ

$$\text{ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା} = \frac{\text{ଓଜନ}}{\text{ସାମର୍ଥ୍ୟ}}$$

$$\text{ପରିବେଗ ଅନୁପାତ} = \frac{\text{ସାମର୍ଥ୍ୟର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି}}{\text{ଓଜନର ପ୍ରୟୋଗ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତି}}$$

$$\text{ଯନ୍ତ୍ରର ଦକ୍ଷତା} = \frac{\text{ଉପଯୋଗୀ କାର୍ଯ୍ୟ}}{\text{ସମୁଦାୟ କାର୍ଯ୍ୟ}}$$

ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା = ଯନ୍ତ୍ରର ଦକ୍ଷତା × ପରିବେଗ ଅନୁପାତ

ତରଜୁ ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭରର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତୁଳନା କରଯାଏ ।

ଉତ୍ତମ ତରଜୁର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ — ଏକ ଉତ୍ତମ ତରଜୁ (କ) ସଠିକ୍ (ଖ) ସୁଗ୍ରାହୀ (ଗ) ସ୍ଥାୟୀ ଏବଂ (ଘ) ଦୃଢ଼ ହେବା ଉଚିତ ।

କୌଣସି ତରଜୁ ଏକାଧାରରେ ସୁଗ୍ରାହୀ ଓ ସ୍ଥାୟୀହୋଇ ନ ପାରେ । ବୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ବିଧି ବା ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ବିଧି ଅନୁସରଣ କରି ଏକ ତ୍ରୁଟିଯୁକ୍ତ ତରଜୁରେ କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ସଠିକ୍ ଓଜନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ହୁଏ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା, ପରିବେଗ ଅନୁପାତ, ଯନ୍ତ୍ରର ଦକ୍ଷତା କାହାକୁ କହନ୍ତି ? ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କର ।

2. ସରଳଯନ୍ତ୍ର କାହାକୁ କହନ୍ତି ?
ଗୋଟିଏ ଲିଭରର ସାମର୍ଥ୍ୟବାହୁ ଓ ଓଜନବାହୁ ଯଥାକ୍ରମେ 4 ମିଟର ଏବଂ 1 ମିଟର । ଏହି ଲିଭର ସାହାଯ୍ୟରେ 200 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ଉଠାଇବାକୁ ହେଲେ କେତେ ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହେବ ।
(ଉ: 50 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ)

3. ଗୋଟିଏ ଦ୍ୱିତୀୟ ଶ୍ରେଣୀର ଲିଭର ବର୍ଣ୍ଣନା କରି ତାହାର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏହି ଶ୍ରେଣୀ ଲିଭରର ଦୁଇଟି ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।

4. ଲିଭର କଣ ? ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀର ଲିଭର ବର୍ଣ୍ଣନ କର । ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅନ୍ତତଃ ଦୁଇଟି ଲେଖାଏଁ ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।

5. ଏକ ଉତ୍ତମ ତରାଜୁର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

6. ପ୍ରମାଣ କର ଯେ, କୌଣସି ତରାଜୁ ଏକାଧାରରେ ସୁଗ୍ରାହୀ (Sensitive) ଓ ସ୍ଥାୟୀ ହୋଇ ନ ପାରେ ।

7. ଗୋଟିଏ ସାଧାରଣ ତରାଜୁ ବର୍ଣ୍ଣନ କର । ଅସମାନ ବାହୁବିଶିଷ୍ଟ ତରାଜୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର କିପରି ସଠିକ୍ ଓଜନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ ?

8. ଗୋଟିଏ ତରାଜୁର ବାହୁ ଦୁଇଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଯଥାକ୍ରମେ 9 ସେ:ମି: ଏବଂ 10 ସେ:ମି: । ଜଣେ ଦୋକାନୀ ଏହି ତରାଜୁ ବ୍ୟବହାର କରି 4 କି:ଗ୍ରା: ଗୁଡ଼ଳ ବିକ୍ରି କଲା । ସେ ଯଦି ପର୍ଯ୍ୟାୟକ୍ରମେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ତୁଳାପାତ୍ରରୁ 1 କି:ଗ୍ରା: ଲେଖାଏଁ ଗୁଡ଼ଳ ଓଜନ କରି-ଦେଇଥାଏ, ତେବେ ତାହାର କେତେ ଲାଭ ବା କ୍ଷତି ହୋଇଥିଲା ?

(ଉ: ଦୋକାନୀର 0·022 କି:ଗ୍ରା: କ୍ଷତି ହେବ ।)

9. ଗୋଟିଏ ତରାଜୁର ବାହୁ ଦୁଇଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 11 ଇଞ୍ଚ ଓ 12 ଇଞ୍ଚ । ଦୋକାନୀ ଏହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ତୁଳାପାତ୍ରରୁ ପର୍ଯ୍ୟାୟକ୍ରମେ ପାଉଣ୍ଡେ ଲେଖାଏଁ ବିସ୍କୁଟ୍ ଓଜନ କରି ଦେଲା । ପ୍ରମାଣ କର ଯେ, ଦୋକାନୀ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡରେ 0.0038 ପାଉଣ୍ଡ ଅଧିକ ବିସ୍କୁଟ୍ ଦେଇଥିଲା ।

10. 17 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ତରାଜୁର ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରରେ ରଖି ଓଜନ କରିବାରୁ ତାହାର ଓଜନ 15 ପାଉଣ୍ଡ 15 ଆଉନ୍‌ସ ହେଲା । ସେହି ତରାଜୁର ଅନ୍ୟ ପାତ୍ରରେ ଉକ୍ତ ବସ୍ତୁଟିକୁ ରଖି ଓଜନ କଲେ ତାହାର ଓଜନ କେତେ ହେବ ?

(ଉ: 18.13 ପାଉଣ୍ଡ)

ତ୍ରୟୋଦଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା
Elasticity

13.1 ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା :

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବାହ୍ୟବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ବସ୍ତୁର ଆକାର ଓ ଆୟତନରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୋଇଥାଏ । ବାହ୍ୟବଳ ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଆକାର ବା ଆୟତନରେ କିମ୍ବା ଉଭୟ ପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବା ସମୟରେ ବସ୍ତୁର ଯେଉଁ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ଧର୍ମ ସେହି ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳର ପ୍ରତିରୋଧ କରେ, ତାହାକୁ ବସ୍ତୁର **ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା** (Elasticity) କହନ୍ତି । କଠିନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ପଦାର୍ଥର ଏହା ଏକ ସ୍ୱାଭାବିକ ସାଧାରଣ ଧର୍ମ । ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁର ଯେଉଁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ, ତାହା ଯଦି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ରହେ; ତେବେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ପ୍ରତ୍ୟାହୃତ ହେଲେ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା ହେତୁ ବସ୍ତୁ ତାହାର ପୂର୍ବ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରି ଆସିପାରେ । ଏହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସୀମାକୁ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସୀମା (Elastic limit) କହନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଏହି ସୀମା ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ହେଲେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ପ୍ରତ୍ୟାହୃତ ହେବାଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁଟି ତାହାର ପୂର୍ବ ଆକାର ଏବଂ ଆୟତନ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭବରେ ଫେରିପାଏ ନାହିଁ । ଏପରି ସ୍ଥଳରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ସ୍ଥିତି ସ୍ଥାପକ ସୀମା ଅତିକ୍ରମ କରିଛି ବୋଲି କୁହାଯାଏ ।

13.2 ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା ସଂକ୍ରାନ୍ତୀୟ କେତୋଟି ସଂଜ୍ଞା

ସୁଦୃଢ଼ ବସ୍ତୁ (Perfectly rigid body) :

କୌଣସି ବାହ୍ୟବଳ ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ଯଦି ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ବିଚ୍ୟୁତି ସଂଘଟିତ ନ ହୁଏ, ତେବେ ସେହି ବସ୍ତୁକୁ **ସୁଦୃଢ଼ ବସ୍ତୁ** କୁହାଯାଏ । ପ୍ରକୃତିରେ ଏପରି ସୁଦୃଢ଼ ବସ୍ତୁ ଦେଖାଯାଏ ନାହିଁ । ତେବେ ଇସ୍ପାତ୍, କାଚ ପ୍ରଭୃତି କେତୋଟି ପଦାର୍ଥକୁ ସୁଦୃଢ଼ ବସ୍ତୁ ରୂପେ ଆମେ ଗ୍ରହଣ କରି ନେଇଛୁ । ଏଗୁଡ଼ିକ ଅବଶ୍ୟ ଅଳ୍ପ ବଳପାଇଁ ସୁଦୃଢ଼, କିନ୍ତୁ ଅଧିକ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ଏଗୁଡ଼ିକରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ ।

ପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ବସ୍ତୁ (Perfectly Elastic body) :

ଆକାର ଓ ଆୟତନ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ପ୍ରତ୍ୟାହୃତ ହେଲେ ଯଦି କୌଣସି ବସ୍ତୁ ତାହାର ପୂର୍ବ ଅବସ୍ଥାକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ରୂପେ ଫେରିଆସେ, ତେବେ ତାହାକୁ **ପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ବସ୍ତୁ** କୁହାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁର ନିଜର ପ୍ରକୃତି ଅନୁଯାୟୀ ଏକ ସ୍ଥିତି ସ୍ଥାପକ ସୀମା ଥାଏ । ବସ୍ତୁର ସଂଘଟିତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଏହି ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ରହିଲେ ବସ୍ତୁଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିତି ସ୍ଥାପକ ବସ୍ତୁ ପରି କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସୀମା (Elastic limit) :

କୌଣସି ବସ୍ତୁରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସୃଷ୍ଟିକାରୀ ବଳ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାନ ଅତିକ୍ରମ ନ କଲେ ଉକ୍ତ ବଳ ପ୍ରତ୍ୟାହୃତ ହେବା ମାତ୍ରେ ବସ୍ତୁଟି ତାହାର ପୂର୍ବ ଆକାର ଓ ଆୟତନକୁ ଫେରିଥାସେ । ଏହି ସୀମାକୁ **ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସୀମା** (Elastic limit) କହନ୍ତି । ଇସ୍ପାତର ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସୀମା ଅତି ଉଚ୍ଚ, କିନ୍ତୁ ସୀସାର ଏହି ସୀମା ଅତି ନିମ୍ନ । ବସ୍ତୁର ନିଜ ଧର୍ମ ଉପରେ ଏହି ସୀମା ନିର୍ଭର କରେ ।

ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ୍ ବସ୍ତୁ (Perfectly plastic body) :

ବସ୍ତୁରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସୃଷ୍ଟିକାରୀ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ପ୍ରତ୍ୟାହୃତ ହେବା ପରେ ମଧ୍ୟ ବସ୍ତୁଟି ଯଦି ତାହାର ପୂର୍ବାବସ୍ଥାକୁ ନ ଫେରି ନୂତନ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିଯାଏ, ତେବେ ସେହି ବସ୍ତୁକୁ **ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ୍** ବସ୍ତୁ କହନ୍ତି ।

ପ୍ରତିବଳ (Stress) :

କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଆକାର ବା ଆୟତନର ପରିବର୍ତ୍ତନ କାଳରେ ବସ୍ତୁଟିରେ ସ୍ୱତଃ ଏକ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା-ବଳ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବାହ୍ୟବଳର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ପ୍ରତ୍ୟାହୃତ ହେଲେ ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଉଭେଇ ଯାଏ । ଫଳରେ ବସ୍ତୁଟି ତାହାର ପୂର୍ବ ଆକାର ଓ ଆୟତନକୁ ଫେରିଆସେ । ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ ଯେଉଁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ, ତାହାକୁ **ପ୍ରତିବଳ** (Stress) କହନ୍ତି । ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ, ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ, ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବାହ୍ୟବଳର ମାନ ପ୍ରତିବଳର ମାନ ସହିତ ସମାନ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସୃଷ୍ଟିକାରୀ ବାହ୍ୟବଳ ପ୍ରତିବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ । କୌଣସି ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଲମ୍ବଭାବରେ ପ୍ରତିବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ ତାହାକୁ **ଲମ୍ବ-ପ୍ରତିବଳ** (Perpendicular stress) ଏବଂ ପୃଷ୍ଠର ସ୍ପର୍ଶକ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ ତାହାକୁ **ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ପ୍ରତିବଳ** (Tangential stress) କହନ୍ତି ।

ବିକୃତି (Strain) :

କୌଣସି ବଳ ବା କେତେଗୁଡ଼ିଏ ବଳ ଏକତ୍ରିତ ଭାବରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇ ତାହାର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ବିଚ୍ୟୁତି ଘଟାଇପାରିଲେ ବସ୍ତୁଟିର ଆକାର ବା ଆୟତନରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁଟିରେ ବିକୃତି ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଅଛି ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପ୍ରତିବଳର କ୍ରିୟା ଫଳରେ ବସ୍ତୁରେ ବିଭିନ୍ନ ଧରଣର ବିକୃତି ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ।

ବିଭିନ୍ନ ଧରଣର ବିକୃତି (Different kinds of strain) :

(i) ଦୈର୍ଘ୍ୟିକ ବିକୃତି (Longitudinal or tensile strain) :

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ପ୍ରସାରଣଗତ ବା ସଙ୍କୋଚନଗତ ପ୍ରତିବଳର ଅଧୀନ ହେଲେ ତାହାର ପ୍ରତି ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟରେ ଯେତେ ପ୍ରସାରଣ ବା ସଙ୍କୋଚନ ଘଟେ, ତାହାକୁ ତାହାର **ଦୈର୍ଘ୍ୟିକ ବା ପ୍ରସାରଣଗତ ବିକୃତି** କହନ୍ତି ।

ଯଦି L ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ବସ୍ତୁରେ l ପ୍ରସାରଣ ବା ସଙ୍କୋଚନ ସଂଘଟିତ ହୁଏ, ତେବେ ଦୈର୍ଘ୍ୟିକ ବିକୃତି$=l/L$ । ଏହି ବିକୃତି, ଦୁଇଟି ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଅନୁପାତ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାର କୌଣସି ଏକକ ନ ଥାଏ । ଏହା ଏକ ସଂଖ୍ୟା ମାତ୍ର । ଦୈର୍ଘ୍ୟିକ ବିକୃତି କେବଳ କଠିନ ପଦାର୍ଥ କ୍ଷେତ୍ରରେ ହିଁ ସମ୍ଭବ ।

(ii) **ପୟସନ୍‌ଙ୍କ ଅନୁପାତ** (Poisson's ratio) : ମନେକର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁଉପରେ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ପ୍ରତିବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବା ଫଳରେ ସେହି ଦିଗରେ ବସ୍ତୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟିକ ପ୍ରସାରଣ ହୋଇଅଛି । ଏପରି ସ୍ଥଳରେ ପ୍ରତିବଳର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ସର୍ବଦା ଏକ ସଙ୍କୋଚନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହାକୁ ପାର୍ଶ୍ୱ ବିକୃତି (Lateral strain) କହନ୍ତି । ଏହି ପାର୍ଶ୍ୱ ବିକୃତି ଓ ଦୈର୍ଘ୍ୟ-ବିକୃତି ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅନୁପାତ ରକ୍ଷା କରିଥାଏ ।

ଅର୍ଥାତ୍ $\dfrac{\text{ପାର୍ଶ୍ୱ ବିକୃତି}}{\text{ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିକୃତି}} = \sigma$ (ସିଗ୍‌ମା) = ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

ଅନୁପାତରେ ଏହି ଧ୍ରୁବାଙ୍କ (σ)କୁ **ପ୍ରୟସନ୍‌ଙ୍କ ଅନୁପାତ** କହନ୍ତି ।

ମନେକର ଗୋଟିଏ ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $=L$
ଏବଂ ଏହାର ବ୍ୟାସ $=D$

ତାରଟି ଉପରେ ପ୍ରତିବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବାରୁ ଏହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟର ପ୍ରସାରଣ l ହେଲା ଏବଂ ଫଳରେ ପାର୍ଶ୍ୱ ସଙ୍କୋଚନ d ହେଲା ।

ତେଣୁ ଏଠାରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟ-ବିକୃତି $=l/L$
ଏବଂ ପାର୍ଶ୍ୱ ବିକୃତି $=d/D$
ସୁତରାଂ ପୟସନ୍‌ଙ୍କ ଅନୁପାତ, $\sigma = \dfrac{l/L}{d/D}$

ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁ ନିମିତ୍ତ ଏହି ଅନୁପାତ ସର୍ବଦା ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାନର ହୋଇଥାଏ । ଦୈର୍ଘ୍ୟ-ବିକୃତି ସଙ୍କୋଚନମୂଳକ ହେଲେ ପାର୍ଶ୍ୱ-ବିକୃତି ପ୍ରସାରଣମୂଳକ ହୁଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତିବଳ ଫଳରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କମିଲେ ତାହାର ପାର୍ଶ୍ୱ ଦିଗରେ ପ୍ରସାରଣ ହୋଇଥାଏ ।

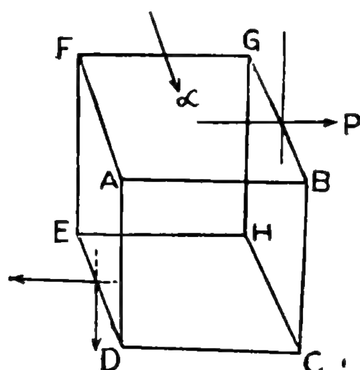
(iii) **ସମଷ୍ଟୀୟ ବିକୃତ** (Volume or bulk strain) : କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଓ ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ଲମ୍ବ ଭବରେ ସମମାନର ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ବସ୍ତୁର ଆକାରରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ ହୋଇ କେବଳ ଆୟତନର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଥାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରତିବଳ ହେଲା ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ବଳ । ଏହାକୁ **ସମଷ୍ଟୀୟ ପ୍ରତିବଳ** (Volume stress) କହନ୍ତି । ଏହି ପ୍ରତିବଳ ଫଳରେ ବସ୍ତୁର ଆୟତନ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅର୍ଥାତ୍ ସମଷ୍ଟୀୟ ବିକୃତି (Volume strain) ସଂଘଟିତ

ହୋଇଥାଏ । ମନେକର ବସ୍ତୁର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଆୟତନ V ଏବଂ ପ୍ରତିବଳ ଯୋଗୁଁ ଆୟତନ ପରିବର୍ତ୍ତନର ପରିମାଣ v ।

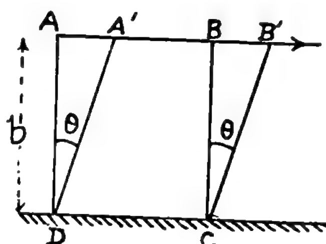
ତେବେ ସମଷ୍ଟୀୟ ବିକୃତି (Volume strain)$=v/V$ । ଏହି ବିକୃତି ମଧ୍ୟ ଏକକ ବିହୀନ ଏକ ସଂଖ୍ୟା । କଠିନ ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମଷ୍ଟୀୟ ପ୍ରତିବଳ ଅଧିକ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ସମଷ୍ଟୀୟ ବିକୃତି ସାମାନ୍ୟ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସାମାନ୍ୟ ପ୍ରତିବଳ ମଧ୍ୟ ପ୍ରଭୂତ ବିକୃତି ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ।

କର୍ତ୍ତନ ବା ସିୟାର (Shear) :

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବଳ ଏପରି ଭାବରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇପାରେ, ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁର ଆୟତନରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ ହୋଇ କେବଳ ଆକାରରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଥାଏ । ବସ୍ତୁର ଏପରି ବିକୃତିକୁ **କର୍ତ୍ତନ** ବା **ସିୟାର** କହନ୍ତି । କେବଳ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆକାର ଥିବାରୁ କର୍ତ୍ତନ ବା ସିୟାର କେବଳ କଠିନ ବସ୍ତୁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମ୍ଭବ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର 62)



(ଚିତ୍ର 63)

ମନେକର ABCDEFGH କଠିନ ପଦାର୍ଥରେ ନିର୍ମିତ ଏକ ଘନକ । ଏହାର ତଳ CDEH ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ଦୃଢ଼ ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ । ଘନକଟିର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପୃଷ୍ଠର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ α । ମନେକର ବଳ P, ପୃଷ୍ଠ ABGF ର ସ୍ପର୍ଶକକୁ ସମାନ୍ତର ହୋଇ ଚିତ୍ର 62 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ଦିଗରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଅଛି । ଫଳରେ ଘନକଟି ରମ୍ବସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହେବ । CD ଦୃଢ଼ ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବାରୁ ABCD ବର୍ଗକ୍ଷେତ୍ରଟି A′B′CD ରମ୍ବସ୍‌ର ଆକାର ଧାରଣ କରିଛି (ଚିତ୍ର 63) । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଘନକର ଆକାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଆୟତନ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ଏହି ଆକାର ବିକୃତି ବା କର୍ତ୍ତନକୁ $\angle ADA' = \theta$ (ରେଡ଼ିଆନ୍‌ରେ) ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ କରାହୁଏ । ଏକ କୋଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏଭଳି ବିକୃତିର ପରିମାପ ହୁଏ ବୋଲି ଏହାକୁ **କର୍ତ୍ତନ କୋଣ** (Angle of shear) କହନ୍ତି ।

ମନେକର $AA' = a$, ଏବଂ $AD = b$

ତେଣୁ କର୍ତ୍ତନ ବା ସିୟାର $= \theta = \tan\theta = \frac{a}{b}$

$= \frac{\text{ବସ୍ତୁର ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟର ଆପେକ୍ଷିକ ବିଚ୍ୟୁତି}}{\text{ଉକ୍ତ ପୃଷ୍ଠଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ}}$

[θ ଅତି କ୍ଷୁଦ୍ର ହୋଇଥିବାରୁ $\theta = \tan\theta$]

ବସ୍ତୁର ସ୍ପର୍ଶକ ତଳବର ଯେଉଁ କର୍ତ୍ତନ ସୃଷ୍ଟିକାରୀ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତାହାକୁ କର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିବଳ (Shearing stress) କୁହାଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ କର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିବଳ $= P/\alpha$ ।

13.3 ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ (Hooke's law) :

ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରତିବଳ (Stress) ସର୍ବଦା ବିକୃତି (Strain) ର ସମାନୁପାତୀ — ଏହାକୁ ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ କହନ୍ତି । ଏହା ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତାର ମୂଳ ସୂତ୍ର । ଇଂରେଜ ବୈଜ୍ଞାନିକ ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନାମ ଅନୁସାରେ ଏହା ନାମିତ । ଏହି ନିୟମ ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ବିକୃତି କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ।

13.4 ସ୍ଥିତି ସ୍ଥାପକତାର ଗୁଣାଙ୍କ (Modulus of elasticity) :

ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରତିବଳ ସର୍ବଦା ବିକୃତିର ସମାନୁପାତୀ, ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{\text{ପ୍ରତିବଳ (Stress)}}{\text{ବିକୃତି (Strain)}} =$ ଏକ ଧ୍ରୁବାଂକ ।

ଏହି ଧ୍ରୁବାଂକକୁ **ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତାର ଗୁଣାଙ୍କ** (Modulus of elasticity) କହନ୍ତି । ବିକୃତି ଏକକ ବିହୀନ ଏକ ବିଶୁଦ୍ଧରାଶି ହୋଇଥିବାରୁ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା ଗୁଣାଂକର ଏକକ ପ୍ରତିବଳର ଏକକ ଅନୁସାରେ ହୋଇଥାଏ; ଅର୍ଥାତ୍ ଗୁଣାଙ୍କର ଏକକ-ଡାଇନ୍, ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେଣ୍ଟିମିଟରରେ ବା ପାଉଣ୍ଡାଲ, ପ୍ରତି ବର୍ଗ ଇଞ୍ଚରେ ହୋଇଥାଏ ।

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପ୍ରତିବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ବସ୍ତୁରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ବିକୃତି ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ; କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ । ବିକୃତିର ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକୃତି ଅନୁସାରେ ଗୁଣାଙ୍କଗୁଡ଼ିକୁ ବିଭିନ୍ନ ଆଖ୍ୟା ଦିଆ ଯାଇଅଛି ।

13.5 ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତାର ବିଭିନ୍ନ ଗୁଣାଙ୍କ (Moduli of elasticity):

(କ) ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ (Young's modulus) :

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରସାରଣ-ପ୍ରତିବଳ (Tensile stress) କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ ବସ୍ତୁରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିକୃତି (Longitudinal or tensile strain) ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟ-ପ୍ରତିବଳ, ଦୈର୍ଘ୍ୟଗତ ବିକୃତିର ସମାନୁପାତୀ । ସ୍ଥିତି ସ୍ଥାପକତାର ଏହି ଗୁଣାଙ୍କକୁ **ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ** (Young's modulus) କହନ୍ତି । ସାଧାରଣତଃ ଏହା Y ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ ।

ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ,

$$Y = \frac{\text{ପ୍ରସାରଣ-ପ୍ରତିବଳ (Tensile stress)}}{\text{ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିକୃତି (Tensile strain)}}$$

ମନେକର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ L ଏବଂ ତାହାର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A । ଏହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦିଗରେ F ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ ମନେକର ଏହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ପରିମାଣରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

ସୁତରାଂ ଏଠାରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତିବଳ $= F/A$

ଏବଂ ଦୈର୍ଘ୍ୟ-ବିକୃତି $= l/L$

ତେଣୁ ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ $Y = \frac{\text{ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତିବଳ}}{\text{ଦୈର୍ଘ୍ୟ-ବିକୃତି}}$

$$= \frac{F/A}{l/L} = \frac{FL}{Al}$$

(ଖ) ସମଷ୍ଟୀୟ ଗୁଣାଂକ (Bulk Modulus) :

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ସମଷ୍ଟୀୟ-ପ୍ରତିବଳ (Volume stress) କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ ବସ୍ତୁର ଆକାରରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ ହୋଇ କେବଳ ଆୟତନର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଥାଏ ।

ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ, ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ସମଷ୍ଟୀୟ-ପ୍ରତିବଳ, ସମଷ୍ଟୀୟ ବିକୃତିର ସମାନୁପାତୀ ହୋଇଥାଏ । ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତାର ଏହି ଗୁଣାଂକକୁ ସମଷ୍ଟୀୟ-ଗୁଣାଂକ (Bulk Modulus) କହନ୍ତି । ସାଧାରଣତଃ ଏହା K ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ମନେକର କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଆୟତନ V । ଏହା ଉପରେ P ସମଷ୍ଟୀୟ ପ୍ରତିବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବା ଫଳରେ ମନେକର ଏହାର ଆୟତନ v ପରିମାଣରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲା ।

ସୁତରାଂ ସମଷ୍ଟୀୟ-ବିକୃତି $= \frac{v}{V}$

ତେଣୁ ସମଷ୍ଟୀୟ ଗୁଣାଙ୍କ $K = \frac{\text{ସମଷ୍ଟୀୟ-ପ୍ରତିବଳ}}{\text{ସମଷ୍ଟୀୟ-ବିକୃତି}}$

$$= \frac{P}{v/V} = P\frac{V}{v}$$

(ଗ) ଦୃଢ଼ତା–ଗୁଣାଂକ (Rigidity modulus) :

ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା-ସୀମା ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ-ପ୍ରତିବଳ (tangential stress) ତଦ୍‌ଜନିତ କର୍ତ୍ତନ (shearing strain)ର ସମାନୁପାତୀ । ସ୍ଥିତି ସ୍ଥାପକତାର ଏହି ଗୁଣାଂକକୁ ଦୃଢ଼ତା-ଗୁଣାଂକ (Rigidity modulus) କହନ୍ତି । ଏହା ସାଧାରଣତଃ η ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ମନେକର ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ପ୍ରତିବଳ $=$ ସ ଏବଂ କର୍ତ୍ତନ କୋଣ $= \theta$ ।

ସୁତରାଂ ଦୃଢ଼ତା ଗୁଣାଂକ, $\eta = \frac{\text{ସ୍ପର୍ଶକାୟ-ପ୍ରତିବଳ}}{\text{କର୍ତ୍ତନ କୋଣ}} = \frac{q}{\theta}$

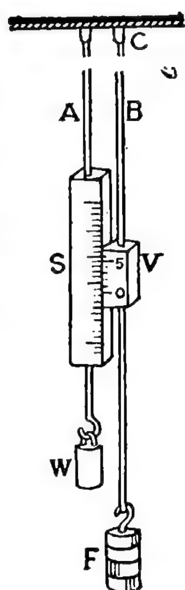
ଅନୁଚ୍ଛେଦ (3) ଅନୁସାରେ $n = \frac{P/\alpha}{\theta} = \frac{P/\alpha}{a/b}$

ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗୁଣାଙ୍କର ଏକକ ପ୍ରତିବଳର ଏକକ ଅନୁସାରେ ହୋଇଥାଏ ।

13.6 କୌଣସି ତାରର ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଂକ ନିର୍ଣ୍ଣୟ (Determination of Y of a wire) :

(କ) ଭର୍ନିୟର ପଦ୍ଧତି : କୌଣସି ଧାତବ ତାର ଉପରେ ପ୍ରସାରଣ ପ୍ରତିବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ ସ୍ୱଳ୍ପ ପରିମାଣରେ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ଏହି ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଭର୍ନିୟର ସାହାଯ୍ୟରେ ସହଜରେ ମପା ଯାଇପାରେ ।

ପ୍ରଦତ୍ତ ତାରରୁ ଦୁଇଟି ସମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ A ଓ B କାଟି ନେଇ ଦୁଇଟିକୁ ଏକ ଦୃଢ଼ ଅବଲମ୍ବନ (C)ରୁ ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ (ଚିତ୍ର 64) । ଦୃଢ଼ ଅବଲମ୍ବନ (C) ଯେତେ ଉଚ୍ଚରେ ରହେ, ସେତେ ଅଧିକ ଲମ୍ବର ତାର ବ୍ୟବହାର କରଯାଇପାରେ । ତଦନୁସାରେ ବିକୃତି ଅଧିକ ହେବାରୁ ପରୀକ୍ଷାଟିରୁ ଅଧିକ ସଠିକ୍ ଫଳ ମିଳିଥାଏ । ଦୁଇଟି ତାର ମଧ୍ୟରୁ (B) ତାରଟି ପରୀକ୍ଷା ନିମିତ୍ତ ଏବଂ (A) ତାର ସହାୟକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ସହାୟକ ତାର (A)ରେ ସରଳ ସ୍କେଲ (S)ର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ଥାଏ । ଏହି ତାରଟିରେ ଯେପରି କୌଣସି ବାଙ୍କ ନ ରହେ ଏବଂ ତାରଟି ଯେପରି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସିଧା ରହେ, ସେଥିପାଇଁ ଏହାର ନିମ୍ନ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଗୋଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଭର (W) ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ । ପରୀକ୍ଷାଧୀନ ତାର (B)ରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ (V)ର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ଥାଏ ଏବଂ ନିମ୍ନ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଭର ଝୁଲାଇବାପାଇଁ ଗୋଟିଏ ଆଙ୍କୁଡ଼ା (F)ର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ଥାଏ । ତାର ଦୁଇଟି ଏତେ ପାଖାପାଖି ରଖାଯାଏ ଯେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ (V) ସରଳ ସ୍କେଲ (S) ଉପରେ ଗତି କରିପାରେ ।



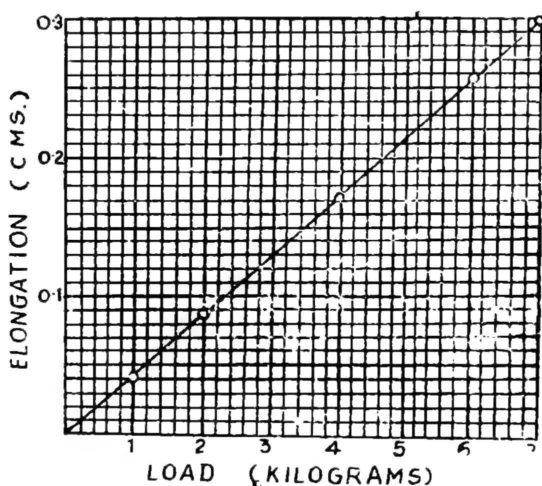
(ଚିତ୍ର 64)

ପ୍ରଥମେ ତାରର ଭଙ୍ଗ-ଓଜନ (breaking weight) ହିସାବ କରି ସ୍ଥିର କରଯାଏ । ଏଥିପାଇଁ ତାରର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଜାଣିବା ଦରକାର । ସ୍କ୍ରୁ ଗେଜ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଅନ୍ତତଃ ପାଞ୍ଚୋଟି ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶରେ ତାରର ବ୍ୟାସ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଏ । ତହିଁରୁ ତାରର ହାରାହାରି ବ୍ୟାସ (average diameter) ସ୍ଥିର କରଯାଏ । ଏହି ହାରାହାରି ବ୍ୟାସରୁ ତାରର ହାରାହାରି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଭଙ୍ଗ-ଓଜନ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପାୟରେ ସ୍ଥିର କରଯାଏ ।

ଭଙ୍ଗ-ଓଜନ=ତାରର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ (area of cross section) × ତାରର ପଦାର୍ଥର ଭଙ୍ଗ-ପ୍ରତିବଳ (breaking stress) ।

ତାର ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ପ୍ରତିବଳ ସୀମା ଏହି ଭଙ୍ଗ-ଓଜନର ଅର୍ଦ୍ଧେକରୁ ଅଧିକ ନ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାରଟି ସାଧାରଣତଃ ସ୍ଥିତି ସ୍ଥାପକର ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ରହେ । ସୁତରାଂ ପରୀକ୍ଷା ସମୟରେ ତାରଟିରେ ଭଙ୍ଗ-ଓଜନର ଅର୍ଦ୍ଧେକରୁ ଅଧିକ ଓଜନ କଦାପି ଝୁଲାଯାଏ ନାହିଁ । ଏହିପରି ଭାବରେ ପରୀକ୍ଷାଧୀନ ତାର (B)ରେ ଝୁଲାଇବା ନିମିତ୍ତ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଭର

(Load) ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୁଏ । ତାର ଦୁଇଟିରେ ଯେପରି କୌଣସି ବାଙ୍କ ନ ରହେ, ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେବା ଦରକାର । ପରୀକ୍ଷା ଆରମ୍ଭ କରିବା ପୂର୍ବରୁ C ବିନ୍ଦୁରୁ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ୍ Vର O ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାରର ଲମ୍ବ L ମପାଯାଏ, ବର୍ତ୍ତମାନ ଆଙ୍କୁଡ଼ା Fରେ ଅର୍ଦ୍ଧ କି:ଗ୍ରା: ଲେଖାଏଁ ଓଜନ ବଢାଇ ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲର ପାଠ ଲେଖି ରଖିବାକୁ ହୁଏ । ଏହିପରି ଭବରେ ଓଜନ ବଢାଇବା ସମୟରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ ରଖିବା କଥାଯେ, ଯେପରି ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଓଜନ ଭଙ୍ଗ ଓଜନର ଅର୍ଦ୍ଧେକରୁ ଅଧିକ ନ ହୁଏ । ତପ୍ତରେ ବିପରୀତ ରୀତିରେ ଆଙ୍କୁଡ଼ାରୁ ଅର୍ଦ୍ଧ କି: ଗ୍ରା: ଲେଖାଏଁ ଓଜନ କମାଇ ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭର୍ନିୟରର ପାଠ ଲେଖି ରଖିବାକୁ ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଆଙ୍କୁଡ଼ାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଭରପାଇଁ ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲ୍‌ର ଦୁଇଟି ଲେଖାଏଁ ପାଠ ମିଳେ । ତାହାର ହାରାହାରି ପାଠ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଭରପାଇଁ ତାରର ପ୍ରସାରଣର ସୂଚନା ଦିଏ । ଏହିପରି ଭବରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବ୍ୟବହୃତ ଓଜନପାଇଁ ତାରର ପ୍ରସାରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ତପ୍ତରେ X- ଅକ୍ଷରେ ଭର (Load) ଓ Y- ଅକ୍ଷରେ ପ୍ରସାରଣ (elongation) ନେଇ ଏକ ଭର-ପ୍ରସାରଣ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ । ଏହି ଗ୍ରାଫ୍ ଗୋଟିଏ ସରଳରେଖା ହେବ



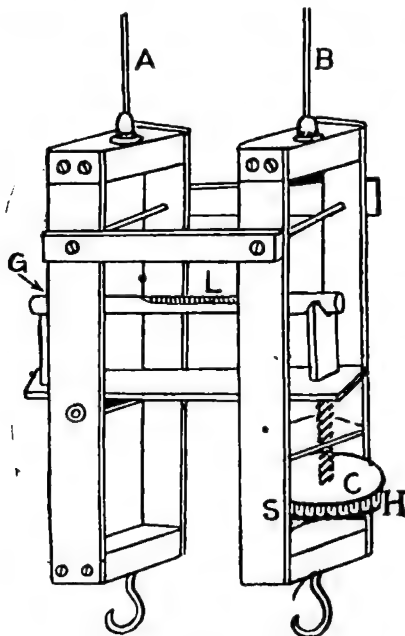
(ଚିତ୍ର 65)

(ଚିତ୍ର 65) । ଗ୍ରାଫ୍‌ଟି ସରଳରେଖା ହେବାଦ୍ୱାରା ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ । ଗ୍ରାଫ୍‌ରୁ ସୁବିଧାଜନକ ଏକ ଭର W ପାଇଁ ପ୍ରସାରଣ l ର ମାନ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ । ତାରର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ଏବଂ ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ L ପୂର୍ବରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇଥାଏ ।

ସୁତରାଂ ୟଙ୍ଗ୍ ଗୁଣାଙ୍କ, $Y=\dfrac{W/\pi r^2}{l/L}$ ଡାଇନ ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେ:ମି:ରେ ।

(ଖ) **ସର୍ଲ୍‌ଙ୍କ ପଦ୍ଧତି (Searle's method)** : କେବଳ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ପ୍ରସାରଣ ମାପିବା ବିଧିରେ ପ୍ରଭେଦ ବ୍ୟତୀତ ସର୍ଲ୍‌ଙ୍କ ପଦ୍ଧତି ଓ ଭର୍ନିୟର ପଦ୍ଧତି ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ପାର୍ଥକ୍ୟ ନାହିଁ । ଭର୍ନିୟର ପଦ୍ଧତିରେ ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରସାରଣ ମାପିବାପାଇଁ ଏକ ସରଳ ଭର୍ନିୟର ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ସର୍ଲ୍‌ଙ୍କ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଂ ଗେଜ୍‌ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଉକ୍ତ ପ୍ରସାରଣ ମପାଯାଏ । ସର୍ଲ୍‌ଙ୍କ ଯନ୍ତ୍ରରେ A ଓ B ତାର ଦୁଇଟି ଏକ ଦୃଢ଼ ଅବଲମ୍ବନରୁ ଝୁଲ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ତାର ଦୁଇଟିର ପ୍ରାନ୍ତରେ ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ

ଆୟତାକାର ଧାତବ ଫ୍ରେମ୍ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଫ୍ରେମ୍‌ର ନିମ୍ନରେ ଭର (Load) ଝୁଲାଇବାପାଇଁ ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ଆଙ୍କୁଡ଼ା (Hook)ର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ଥାଏ (ଚିତ୍ର 66)। ଚିତ୍ରରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲାଭଳି ଫ୍ରେମ୍ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ପିରିଟ୍-ଲେଭଲ (L) ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ରଖାଯାଇଥାଏ; ଏହି ସ୍ପିରିଟ୍-ଲେଭେଲର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତ ବାମ ଆୟତକାର ଫ୍ରେମ୍‌ର ଏକ କବ୍‌ଜା G ଉପରେ ରହେ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତଟି ଡାହାଣ ଫ୍ରେମ୍‌ରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ସ୍କ୍ରୁ (C) ର ମୁଣ୍ଡ ଉପରେ ଥାଏ । ଏହି ସ୍କ୍ରୁ ସହିତ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର ଧାତବ ପାତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହି ଧାତବ ପାତର ଧାରରେ ଏକ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲ (H) ଅଙ୍କିତ ଥାଏ । ଧାତବ ପାତଟି ଘୂରାଇବା ସମୟରେ ଏହି ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ସରଳ ସ୍କେଲ (S) ଉପର ଦେଇ ଗତି କରିଥାଏ । ପ୍ରଥମେ ଏହି ସ୍କ୍ରୁର ଲଘିଷ୍ଠ ମାପ (Least count) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର 66)

ସ୍ପିରିଟ୍ ଲେଭେଲ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁ ଫୋଟକାଟିକୁ ସର୍ବଦା ତାହାର ମଝିରେ ରଖାଯାଏ । ପରୀକ୍ଷଣୀୟ ତାର (B)ରେ ଭର ଝୁଲାଇବା ଦ୍ୱାରା ତାହା ପ୍ରସାରିତ ହୁଏ । ଫଳରେ ଉକ୍ତ ବାୟୁ ଫୋଟକାଟି ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତ ହୁଏ । ସ୍କ୍ରୁକୁ ଘୂରାଇ ଏହି ବାୟୁ ଫୋଟକାଟିକୁ ସ୍ପିରିଟ୍ ଲେଭେଲର ଠିକ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥଳକୁ ଆଣିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏଥିପାଇଁ ବୃତ୍ତୀୟ ସ୍କେଲଟି କେତେ-ଭାଗ ଘୂରେ, ତାହା ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା କଥା । ସେଥିରୁ ତାରର ପ୍ରସାରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହୁଏ । ଭର୍ନିୟର ପଦ୍ଧତି ଭଳି ଏହି ପଦ୍ଧତିରେ ମଧ୍ୟ ପରୀକ୍ଷଣୀୟ ତାର Bରେ ବିଭିନ୍ନ ଭର ଝୁଲାଇ ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟର ପ୍ରସାରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଭର୍ନିୟର ପଦ୍ଧତିରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ ରୀତିରେ ମଧ୍ୟ ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଂକ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ ।

ଉଦାହରଣ :

1. 50 ସେ: ମି: ଲମ୍ବର ଗୋଟିଏ ରବର ରଜ୍ଜୁରେ 13 କି:ଗ୍ରା : ଓଜନ ଝୁଲାଇବା ଦ୍ୱାରା ଏହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 51 ସେ:ମି: ହେଲା । ରଜ୍ଜୁର ବ୍ୟାସ 0.4 ସେ:ମି: ହୋଇଥିଲେ ରବରର ୟଙ୍ଗ-ଗୁଣାଂକ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ ମୋଟବଳ $F = 13 \times 1000 \times 981$ ଡାଇନ୍

ରଜ୍ଜୁର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= \frac{0{\cdot}4}{2} = 0.2$ ସେ:ମି:

ପ୍ରସାରଣ ପ୍ରତିବଳ $= \dfrac{13 \times 1000 \times 981}{\pi \times (0{\cdot}2)^2}$

ଏଠାରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟଗତ ବିକୃତି $= \frac{51-50}{50} = \frac{1}{50}$

ସୁତରାଂ $Y = \frac{13 \times 1000 \times 981 \times 50}{\pi \times (0.2)^2}$

$= 5 \times 10^9$ ଡାଇନ୍ ପ୍ରତିବର୍ଗ ସେ:ମି:ରେ (ଉତ୍ତର)

2. 600·5 ସେ:ମି: ଲମ୍ବ ଓ 1 ବର୍ଗ ମି:ମି: ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଇସ୍ପାତ୍ ତାରରେ 20 କି: ଗ୍ରା: ଝୁଲା ହୋଇଥିଲା । ଭରଟି କାଢ଼ିଦେବାରୁ, ତାରଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 0.5 ସେ:ମି: ହ୍ରାସ ପାଇଲା । ଇସ୍ପାତର ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଂକ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ ମୋଟ ବଳ, $F = 20 \times 1000 \times 981$

ପ୍ରସାରଣ ପ୍ରତିବଳ $= \frac{F}{\text{ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ}} = \frac{20 \times 1000 \times 981}{0.01}$

ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସଙ୍କୋଚନ $= 0.5$ ସେ:ମି:

ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିକୃତି $= \frac{l}{L} = \frac{0.5}{(600.5 - 0.5)}$

$= \frac{0.5}{600}$

$\therefore Y = \frac{20 \times 1000 \times 981 \times 600}{0.01 \times 0.5}$

$= 2.35^{12}$ ଡାଇନ୍, ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେ:ମି:ରେ (ଉତ୍ତର)

ସାରାଂଶ

ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ—ସ୍ଥିତି ସ୍ଥାପକତାସୀମା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରତିବଳ ସର୍ବଦା ବିକୃତିର ସମାନୁପାତୀ

ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତାର ଗୁଣାଙ୍କ $= \frac{\text{ପ୍ରତିବଳ}}{\text{ବିକୃତି}}$

ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ, $Y = \frac{\text{ପ୍ରସାରଣ-ପ୍ରତିବଳ}}{\text{ଦୈର୍ଘ୍ୟ-ବିକୃତି}}$

ସମଷ୍ଟୀୟ ଗୁଣାଙ୍କ, $K = \frac{\text{ସମଷ୍ଟୀୟ-ପ୍ରତିବଳ}}{\text{ସମଷ୍ଟୀୟ-ବିକୃତି}}$

ଦୃଢ଼ତା ଗୁଣାଙ୍କ, $\eta = \frac{\text{ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ପ୍ରତିବଳ}}{\text{କର୍ତ୍ତନ}}$

ପୟସନ୍‌ଙ୍କ ଅନୁପାତ $\sigma = \frac{\text{ପାର୍ଶ୍ୱ ବିକୃତି}}{\text{ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିକୃତି}}$

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ କ'ଣ ? ପ୍ରତିବଳ ଓ ବିକୃତି କହିଲେ ତୁମେ କ'ଣ ବୁଝ ? 2 ମିଟର ଲମ୍ବ ଏବଂ 0·05 ସେ:ମି: ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା ତାରରେ 3 କି:ଗ୍ରା: ଝୁଲାଇବା ଦ୍ୱାରା ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 0·238 ସେ:ମି: ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲା । ତମ୍ବାର ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଂକ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ: 12.6×10^{11} ଡାଇନ୍ ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେ:ମି:ରେ]

2. ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତାର ଗୁଣାଙ୍କ କହିଲେ ତୁମେ କ'ଣ ବୁଝ ? ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ କ'ଣ ? ଇସ୍ପାତରେ ତିଆରି ଗୋଟିଏ ତାର ଦିଆଯାଇଅଛି । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ କିପରି ଇସ୍ପାତର ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବ ?

3. 10 ଫୁଟ ଲମ୍ବ ଓ 0·125 ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାର ସିଧା ଭାବରେ ଝୁଲୁଛି, ଏହି ତାରରେ 450 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଝୁଲାଇବା ଫଳରେ ତାରଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 0·015 ଇଞ୍ଚ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲା । ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ: $2{\cdot}88 \times 10^{7}$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ପ୍ରତି ବର୍ଗଇଞ୍ଚରେ]

4. 15 ଫୁଟ ଲମ୍ବ, 0·05 ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାରରେ 150 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ଝୁଲାଇବା ଫଳରେ ତାରଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 0·033 ଇଞ୍ଚ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲା । ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ: $1{\cdot}62 \times 10^{7}$ ପାଉଣ୍ଡ-ଓଜନ ପ୍ରତି ବର୍ଗଇଞ୍ଚରେ]

5. 1 ମିଟର ଲମ୍ବ ଏବଂ 0·05 ସେ:ମି: ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାର 10 କି:ଗ୍ରା: ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଭରଦ୍ୱାରା ପ୍ରସାରିତ ହୋଇଅଛି । $Y=2 \times 10^{12}$ ଡାଇନ୍ ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେ:ମି:ରେ ହୋଇଥିଲେ ତାରଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ-ପ୍ରସାରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ: 0·062 ସେ:ମି:]

6. ସମଷ୍ଟୀୟ ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ଦୃଢ଼ତା ଗୁଣାଙ୍କ କ'ଣ ? ବୁଝାଇ ଦିଅ । 0·2 ସେ:ମି: ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାର 25 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ ଭାରରେ ଭାରାନ୍ୱିତ । ଫଳରେ 100 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ତାରଟିର ଲମ୍ବ 102 ସେ:ମି: ହେଲା । ତାରଟିର ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ: $9{\cdot}8 \times 10^{12}$ ଡାଇନ୍ ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେ:ମି:ରେ]

7. ଏକ ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଇସ୍ପାତ ତାରର ଲମ୍ବ ଦ୍ୱିଗୁଣ ହେବାପାଇଁ କେତେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା ଦରକାର ?

[ଇସ୍ପାତର $Y=2 \times 10^{12}$ ଡାଇନ୍ ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେ:ମି:ରେ]

[ଉ: 2×10^{12} ଡାଇନ୍]

ଚତୁର୍ଦ୍ଦଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ଠେଲ୍ ଓ ଚାପ
Thrust and Pressure

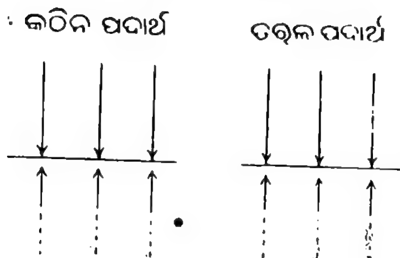
ସାଧାରଣତଃ ପଦାର୍ଥକୁ ତିନିଗୋଟି ଅବସ୍ଥା (State)ରେ ଦେଖିବାକୁ ମିଳେ; ଯଥା—କଠିନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ । ପଦାର୍ଥର ତାପମାତ୍ରା (Temperature) ଉପରେ ତା'ର ଅବସ୍ଥା ନିର୍ଭର କରେ । ତାପମାତ୍ରାକୁ କମାଇ କମାଇ ପ୍ରାୟ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପଦାର୍ଥକୁ କଠିନାବସ୍ଥାକୁ ଅଣାଯାଇ ପାରିବ । ସେହି କଠିନ ପଦାର୍ଥର ତାପମାତ୍ରାକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ବଢ଼ାଇଦେଲେ ପଦାର୍ଥଟି ପୁଣି ତରଳାବସ୍ଥାକୁ ଫେରିଆସିବ । ତା' ପରେ ତା'ର ତାପମାତ୍ରାକୁ ଆହୁରି ବଢ଼ାଇ ବଢ଼ାଇ ଗଲେ ତାହା ଗ୍ୟାସୀୟ ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିଯିବ । ସାଧାରଣତଃ ଅମ୍ଳଜାନ ଓ ଉଦ୍‌ଜାନ ଗ୍ୟାସୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକର ତାପମାତ୍ରା ଅତ୍ୟଧିକ ପରିମାଣରେ କମ୍ କରିଦେଲେ ତାହା କେବଳ ଯେ ତରଳାବସ୍ଥାକୁ ଆସିଯିବ ତାହା ନୁହେଁ; କଠିନାବସ୍ଥାକୁ ମଧ୍ୟ ଆସି ଯାଇପାରିବ । ସେହିପରି ଲୁହା ଭଳି କୌଣସି କଠିନ ଧାତୁ ପଦାର୍ଥକୁ ମଧ୍ୟ ତାପମାତ୍ରା ହଜାର ହଜାର ଡିଗ୍ରୀକୁ ବଢ଼ାଇଦେଇ ତରଳାବସ୍ଥା ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ ଅବସ୍ଥାକୁ ଅଣାଯାଇ ପାରିବ ।

ପଦାର୍ଥର ତିନିଗୋଟି ଅବସ୍ଥା ପରସ୍ପରଠାରୁ କିପରି ଭିନ୍ନ, ତାହା ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ । ଆମେ ଜାଣୁ, କଠିନ ପଦାର୍ଥର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆକାର (Shape) ଓ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆୟତନ (Volume) ଥାଏ । ତରଳ ପଦାର୍ଥର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆୟତନ ଥିଲେ ସୁଦ୍ଧା ତା'ର କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆକାର ନ ଥାଏ । ତା'ର ଆକାର ତାକୁ ଧାରଣ କରିଥିବା ପାତ୍ରର ଆକାର ପରି ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥର ନିଦ୍ଦଷ୍ଟ ଆକାର କିମ୍ବା ଆୟତନ ନ ଥାଏ; ଯେ କୌଣସି ପାତ୍ରରେ ପୂରାଇଲେ ତାହା ଉକ୍ତ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ସ୍ଥାନକୁ ବ୍ୟାପିଯାଏ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ତରଳପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ମୁକ୍ତ (Free surface) ଥିବା ସ୍ଥଳେ ଗ୍ୟାସୀୟପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ମୁକ୍ତ ନ ଥାଏ । ଏକ ଲିଟର ଜଳକୁ ଗୋଟିଏ ଏକ ଲିଟରିଆ ପାତ୍ରରେ ପୂରାଇଲେ ପାତ୍ରଟି ପୂରିଯାଏ; କିନ୍ତୁ ତାକୁ ଦୁଇ ଲିଟରିଆ ପାତ୍ରରେ ପୂରାଇଲେ ପାତ୍ରଟିର ଅଧା ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇ ବାକି ଅଧକ ଖାଲି ରହିଥାଏ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାତ୍ରରେ ଜଳର ପୃଷ୍ଠ ମୁକ୍ତ ହୋଇ ଭୂସମାନ୍ତରରେ ରହିଥାଏ, କିନ୍ତୁ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣର ଯେ କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ ନେଇ ଯେ କୌଣସି ଆୟତନର ବୋତଲରେ ପୂରାଇଲେ ସମୁଦାୟ ବୋତଲଟି ଉକ୍ତ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ପୂରିଯାଏ । ଉଭୟ ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥର ଧର୍ମ ହେଉଛି ପ୍ରବାହିତ ହେବା (Flowing); ସୁତରାଂ ସେମାନଙ୍କୁ ପ୍ରବାହୀ ବା ଫ୍ଲୁଇଡ୍ (Fluid) କୁହାଯାଏ । କଠିନ ଓ ଫ୍ଲୁଇଡ୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାର୍ଥକ୍ୟର କାରଣ ହେଉଛି ଏହି ଯେ, ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରା ହେଉଥିବା ବଳଗୁଡ଼ିକ (Force) ପ୍ରତି ସେମାନେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା (Reaction) ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିଥାନ୍ତି ।

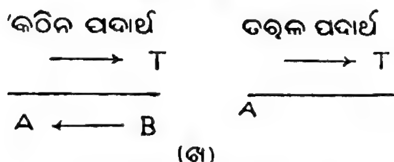
14.1 ଭୂଲମ୍ବ ବଳ ଓ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳ (Normal force & tangential force) :

ଯେ କୌଣସି ପୃଷ୍ଠପ୍ରତି ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ବଳକୁ ଭୂଲମ୍ବ ଓ ସ୍ପର୍ଶକ ଦିଗରେ ବିଯୋଜନ କରାଯାଇପାରେ । ଭୂଲମ୍ବ ବଳ ବସ୍ତୁଟିକୁ ସଙ୍କୁଚିତ (Compress) କରିବାକୁ ଉଦ୍ୟମ କରେ । ଠିକ୍ ସେତିକିବେଳେ ବସ୍ତୁଟି ବିପରୀତ ଦିଗରୁ ସମାନ ପରିମାଣର ଏକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ନିଜ ପୃଷ୍ଠକୁ ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାକୁ ନେଇଆସେ । କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁର ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି କୌଣସି

ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ କଠିନ ବସ୍ତୁଟି ବିପରୀତ ଦିଗରୁ ସମାନ ପରିମାଣର ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ । ଫଳରେ କଠିନ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେ ରହେ । କିନ୍ତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳର ବିପରୀତ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିପାରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ତାହା ବାହ୍ୟବଳ ଦିଗରେ ଗତି କରିବାକୁ ଲାଗେ, ଅର୍ଥାତ୍ ତାହା ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ; ଏଥିରୁ ବୁଝାପଡ଼ିଲା ଯେ ପ୍ରବାହୀ ବାହ୍ୟ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳର ବିରୋଧ କରି ନ ପାରି ନିଜେ ବାହ୍ୟବଳ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ କଠିନ ବାହ୍ୟ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳର ବିରୋଧ କରି ନିଜେ ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେ ରହେ (ଚିତ୍ର ନଂ 64) ।



(ଚିତ୍ର 64 କ)



(ଚିତ୍ର 64 ଖ)

ଏହି ବିଶେଷ ଧର୍ମଯୋଗୁଁ କଠିନ ଠାରୁ ତରଳ କିମ୍ବା ଗ୍ୟାସ୍ କିପରି ଭାବେ ପୃଥକ୍ ତାହା ସହଜରେ ଜାଣି ହୁଏ । **ସୁତରାଂ ଯେଉଁ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରତି ଅବିରତ ଭାବେ ଯେତେ କ୍ଷୀଣ ହେଉ ପଛକେ କୌଣସି ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତାକୁ ଉକ୍ତ ପଦାର୍ଥ ଅବରୋଧ କରିପାରେ ନାହିଁ, ସେହି ପଦାର୍ଥହିଁ ପ୍ରକୃତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ** । ଏହା ହେଲା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସଂଜ୍ଞା । ଅତଏବ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଯେ କୌଣସି ପୃଷ୍ଠରେ ନିହିତ ବଳଗୁଡ଼ିକ କେବଳ ଅଭିଲମ୍ବ (Normal) ବଳ; ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳଗୁଡ଼ିକ ଉକ୍ତ ପୃଷ୍ଠରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ ।

14.2 ଚାପ (Pressure) :

କୌଣସି କ୍ଷେତ୍ର (Area) ପ୍ରତି ସଂପୀଡ଼କ ବଳଗୁଡ଼ିଏ (Compressive forces) ଅଭିଲମ୍ବ ଭାବରେ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ଉକ୍ତ ବଳଗୁଡ଼ିକ ସାମୂହିକ ଭାବରେ ଏକ ଠେଲା (Thrust) ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରନ୍ତି । ପ୍ରତି ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ (Unit area) ବିଶିଷ୍ଟ ପୃଷ୍ଠଉପରେ ଯେଉଁ ଠେଲା ପ୍ରୟୋଗ କରଯାଏ, ତାହାକୁ ସେହି ପୃଷ୍ଠଉପରର ଚାପ (Pressure) କୁହାଯାଏ । କ୍ଷେତ୍ରଉପରେ ଠେଲା ଯଦି ସମାନଭାବେ ବାଣ୍ଟି ହୋଇ ରହିଥାଏ, ତେବେ କ୍ଷେତ୍ରର ସବୁ ସ୍ଥାନରେ ଚାପ ମଧ୍ୟ ସମାନ ଥାଏ । A କ୍ଷେତ୍ରଫଳ (Area) ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ପୃଷ୍ଠଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ସମୁଦାୟ ଅଭିଲମ୍ବ ବଳ F କୁ ପୃଷ୍ଠର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ଦ୍ୱାରା ଭାଗକଲେ ଭାଗଫଳ ଚାପ ବୋଲି ନିର୍ଣ୍ଣୀତ ହୁଏ ।

$$\text{ଅର୍ଥାତ୍ ଚାପ } (P) = \frac{\text{ଠେଲା ବା ବଳ } (F)}{\text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } (A)}$$

$$\text{ଅଥବା ଠେଲା} = \text{ଚାପ} \times \text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ}$$

କିନ୍ତୁ ଠେଲ ଯଦି କ୍ଷେତ୍ର ଉପରେ ସମାନଭାବେ ବାଣ୍ଟିହୋଇ ପଡ଼ି ନ ଥାଏ, ତେବେ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଛୋଟ କ୍ଷେତ୍ରଖଣ୍ଡ (Small area) ଉପରେ ଅଭିଲମ୍ବ ଭାବେ ନିହିତ ବଳକୁ ଉକ୍ତ ଛୋଟ କ୍ଷେତ୍ରଖଣ୍ଡର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଦ୍ୱାରା ଭାଗ କରଯାଏ । ଏହି ଭାଗଫଳକୁ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ପଡୁଥିବା ଚାପ ବୋଲି ଧରଯାଏ ।

14.3 ଚାପର ଏକକ (Unit of Pressure) :

ମେଟ୍ରିକ (C.G.S.) ପ୍ରଣାଳୀରେ ଚାପକୁ ଏକ ବର୍ଗ ସେଣ୍ଟିମିଟର ପ୍ରତି ଡାଇନ୍ (Dyne) ରେ (Dyne/1 sq. cm.) ପ୍ରକାଶ କରଯାଏ । ଏହା ହେଲା ଚାପର ପରମ (Absolute) ଏକକ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଚାପକୁ ଏକ ବର୍ଗ ସେଣ୍ଟିମିଟର ପ୍ରତି ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ (Gram weight) ରେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରକାଶ କରଯାଏ । ବ୍ରିଟିଶ୍ (F.P.S.) ପ୍ରଣାଳୀରେ ସାଧାରଣତଃ ଚାପକୁ ଏକ ବର୍ଗ ଇଞ୍ଚ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ (lb-wt.) ରେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଏ ।

14.4 ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (Density and Specific gravity) :

ଖଣ୍ଡେ ଲୁହା ଓ ସମ ଆୟତନ (Volume) ବିଶିଷ୍ଟ ଖଣ୍ଡେ ସୀସା ନେଇ ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍ ଓଜନ କଲେ ଦେଖାଯିବ ଯେ, ସେ ଦୁଇଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ (Mass) ସମାନ ନୁହେଁ । ସୀସା ଖଣ୍ଡିକର ଓଜନ ଲୁହା ଖଣ୍ଡିକର ଓଜନ ଠାରୁ ଅଧିକ ହେବ । ସେହିପରି ସମ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଜଳ ଓ କିରାସିନିକୁ ସମାନ ଓଜନର ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ପାତ୍ରରେ ନେଇ ଓଜନ କଲେ ଦେଖାଯିବ ଯେ ସେମାନଙ୍କର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟ ସମାନ ନୁହେଁ । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ସମ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ବିଭିନ୍ନ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସମାନ ନୁହେଁ ।

ଏହି ବିଷୟକୁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଭାଷାରେ କୁହାଯାଏ ଯେ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ବା ଘନତା ଭିନ୍ନ ଅଟେ । ଏକକ ଘନ ପରିମାଣ (Volume) ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ପଦାର୍ଥ ନେଇ ଓଜନ କଲେ ତା'ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯେତେ ହୁଏ, ତାକୁ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା କୁହାଯାଏ । ସୁତରାଂ **ସାନ୍ଦ୍ରତାର ଏକକ ହେଉଛି ପଦାର୍ଥର ଏକକ ଘନ ପରିମାଣ ପ୍ରତି ବସ୍ତୁତ୍ୱ** (Mass per unit volume) ମେଟ୍ରିକ ପ୍ରଣାଳୀରେ କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ଏକ ଘନ ସେଣ୍ଟିମିଟର ପ୍ରତି ଗ୍ରାମ୍ (Gm /c.c.) ବୋଲି ପ୍ରକାଶ କରଯାଏ ଓ ବ୍ରିଟିଶ୍ ପ୍ରଣାଳୀରେ ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ଏକ ଘନଫୁଟ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡ (lb./c.ft) ବୋଲି ପ୍ରକାଶ କରଯାଏ । ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ବିଷୟ ହେଉଛି, 4°c ରେ ଏକ ଘନ ସେ:ମି: ବିଶୁଦ୍ଧ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 1 ଗ୍ରାମ୍ ଅର୍ଥାତ୍ ମେଟ୍ରିକ୍ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଜଳର ଆୟତନର ଏକକ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକକ ସଂଖ୍ୟାନୁସାରେ ସମାନ (Numerically equal) । ଏହି ସମ୍ପର୍କ ଯୋଗୁଁ ସାଧାରଣତଃ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ମେଟ୍ରିକ୍ ପ୍ରଣାଳୀରେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇଥାଏ ।

କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା (D) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ (M) ବାହାର କରି ତାକୁ ସେହି ବସ୍ତୁର ଆୟତନ (V) ଦ୍ୱାରା ଭାଗ କରଯାଏ । ଭାଗଫଳ ବସ୍ତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା, ଅର୍ଥାତ୍—

$$\text{ସାନ୍ଦ୍ରତା (Density)} = \frac{\text{ବସ୍ତୁତ୍ୱ (Mass)}}{\text{ଆୟତନ (Volume)}}$$

ଅଥବା, ନିର୍ବାଚିତ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକକକୁ ଆୟତନର ଏକକଦ୍ୱାରା ଭାଗକଲେ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ଏକକ ନିରୂପିତ ହୋଇଥାଏ, ଯଥା—ଘନ ମିଟର ପ୍ରତି କିଲୋଗ୍ରାମ୍, ଘନ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ଗ୍ରାମ୍ କିମ୍ବା ଘନ ଫୁଟ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡ ।

ବେଳେବେଳେ ଓଜନ-ସାନ୍ଦ୍ରତା ନାମକ ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ ଏକକ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରଯାଏ, ତାହା ହେଉଛି ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ଓଜନ ।

$$D = \frac{W}{V}$$

$W = m \times g$ ହୋଇଥିବା ଯୋଗୁଁ, ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ ଓଜନ-ସାନ୍ଦ୍ରତା ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି—

$$D = dg$$

ବଳ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥିବା ପ୍ରଶ୍ନବଗୁଡ଼ିକ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କଲବେଳେ ଓଜନ-ସାନ୍ଦ୍ରତା ସାଧାରଣରେ ବ୍ୟବହାର କରଯାଇଥାଏ; ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଗ୍ରର କଲବେଳେ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବ୍ୟବହାର କରଯାଏ । କେତେକ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ମୂଲ୍ୟ ନିମ୍ନ ସାରଣୀ ବା ଟେବୁଲରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା :

ସାରଣୀ (Table)

ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା, ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ ଓଜନ-ସାନ୍ଦ୍ରତା

ପଦାର୍ଥ	ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା	ସାନ୍ଦ୍ରତା		ଓଜନ-ସାନ୍ଦ୍ରତା
		କି: ଗ୍ରା: / ଘନମିଟର	ଗ୍ରାମ୍ / ଘନ ସେ:ମି:	ପାଉଣ୍ଡ / ଘନଫୁଟ
କଠିନ ପଦାର୍ଥ :				
ଏଲୁମିନିୟମ୍	2·70	2,700	2·70	169
ପିତଳ	8·44-8·70	8,440,8700	8·44-8·70	527-543
ଅଙ୍ଗାରକ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍	2·25	2,250	2·25	141
ତମ୍ବା	8·89	8,890	8·89	555
ଜର୍ମାନିୟମ୍	5·46	5,460	5·46	342
କାଚ	2·4-2·8	2,400-2800	2·4-2·8	160-170
ସୁନା	19·3	19,300	19·3	1,204
ବରଫ	0·917	917	0·917	57·2
ବ୍ୟଙ୍ଗାରିତ ଲୁହା	7·85	7,850	7·85	490
ସୀସା	11·34	11,340	11·34	705
ଓକ୍ କାଠ	0·8	800	0·8	50
ସିଲିକନ୍	2·42	2,420	2·42	151
ରୁପା	10·5	10,500	10·5	655
ଇସ୍ପାତ	7·8	7,800	7·8	487
ଟଙ୍ଗଷ୍ଟନ୍	19·3	19,300	19·3	1,204
ଦସ୍ତା	7·1	7,100	7·1	443
ୟୁରେନିୟମ୍	18·7	18,700	18·7	1,170

ପଦାର୍ଥ	ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା	ସାନ୍ଦ୍ରତା କି: ଗ୍ରା: / ଘନମିଟର	ସାନ୍ଦ୍ରତା ଗ୍ରାମ୍ / ଘନ ସେ:ମି:	ଓଜନ-ସାନ୍ଦ୍ରତା ପାଉଣ୍ଡ / ଘନଫୁଟ
ତରଳ ପଦାର୍ଥ :				
20°C ରେ ସୁରସାର	0·79	790	0·79	49
ଇଥର୍	0·74	740	0·74	46
ଗ୍ୟାସୋଲିନ୍	0·68	680	0·68	42
ପାରଦ	13·595	13,595	13·595	850
4°C ରେ ଜଳ	1·000	1,000	1·000	62·4
20°C ରେ ଜଳ	0·998	998	0·998	62·3
ଗ୍ୟାସ 0°C ଓ 76 ସେ:ମି: ପାରଦ ଚାପ				
ବାୟୁ	$1{\cdot}293\times10^{-3}$	1·293	$1{\cdot}293\times10^{-3}$	0·0807
ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ	$1{\cdot}997\times10^{-3}$	1·997	$1{\cdot}997\times10^{-3}$	0·1246
ଉଦ୍‌ଜାନ	$0{\cdot}090\times10^{-3}$	0·090	$0{\cdot}090\times10^{-3}$	0·0058
ହିଲିୟମ୍	$0{\cdot}178\times10^{-3}$	0·178	$0{\cdot}178\times10^{-3}$	0·0111
ଯବକ୍ଷାରଜାନ	$1{\cdot}251\times10^{-3}$	1·251	$1{\cdot}251\times10^{-3}$	0·0781
ଅମ୍ଳଜାନ	$1{\cdot}429\times10^{-3}$	1·429	$1{\cdot}429\times10^{-3}$	0·0892

ଅତ୍ୟଧିକ ପ୍ରତିବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେହେଁ କଠିନ ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ କେବଳ ଅତି ଅଳ୍ପ ମାତ୍ରାରେ ସଂପୀଡ଼ିତ ହୁଅନ୍ତି । ସୁତରାଂ ସାଧାରଣ ଅବସ୍ଥାରେ ସେଗୁଡ଼ିକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ପ୍ରାୟ ସ୍ଥିର ଥାଏ । ଗ୍ୟାସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ସହଜରେ ସଂପୀଡ଼ିତ ହୁଅନ୍ତି । ସୁତରାଂ ଗ୍ୟାସ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ପ୍ରକାଶ କଲାବେଳେ ସେଗୁଡ଼ିକର ସାନ୍ଦ୍ରତା କେଉଁ ଅବସ୍ଥାରେ ମାପ କରାଯାଇଛି, ତାହା ଉଲ୍ଲେଖ କରିବାକୁ ହେବ ।

14.5 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (Specific gravity) :

କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ 4°Cରେ ସମଆୟତନ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଅନୁପାତକୁ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କୁହାଯାଏ । ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା S ହେଲେ

$$S=\frac{\text{ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}{4^\circ\text{Cରେ ସମଆୟତନ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}$$

ମନେକର, ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ V ଘନ ସେ:ମି:; ତେବେ ତା'ର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା

$$S=\frac{\text{V ଘନ ସେ:ମି: ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}{4^\circ\text{Cରେ V ଘନ ସେ:ମି: ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}$$

$$=\frac{\text{1 ଘନ ସେ:ମି: ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}{4^\circ\text{Cରେ 1 ଘନ ସେ:ମି: ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}$$

$$=\frac{\text{ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା}}{4^\circ\text{Cରେ ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା}}$$

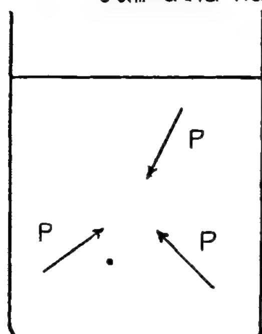
$$=\frac{\text{ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା}}{1}=\text{ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା (ସଂଖ୍ୟାନୁସାରେ)}$$

ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା=ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା
(ସଂଖ୍ୟାନୁସାରେ) ମେଟ୍ରିକପ୍ରଣାଳୀରେ

ମେଟ୍ରିକ୍ ପ୍ରଣାଳୀରେ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ସଂଖ୍ୟା ତାହାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହ ସମାନ ହେଲ, କାରଣ ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା 4°Cରେ ଏକ ଘନ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ଏକ ଗ୍ରାମ୍ । ଉଦାହରଣସ୍ୱରୂପ ଆମ୍ଭେ କହିବା ଯେ, ସୀସାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 11·4 ଓ ତା'ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏକ ଘନ ସେ:ମି: ପ୍ରତି 11·4 ଗ୍ରାମ୍ । କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଅନୁପାତ ହୋଇଥିବାରୁ ତାହା କେବଳ ସଂଖ୍ୟାରେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଏ ଓ ଉଭୟ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଏହି ସଂଖ୍ୟା ସମାନ; କିନ୍ତୁ ବ୍ରିଟିଶ୍‌ପ୍ରଣାଳୀରେ ସୀସାର ସାନ୍ଦ୍ରତା 11·4 ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ ନୁହେଁ । କାରଣ ଏକ ଘନଫୁଟ ଜଳର ଓଜନ 1 ପାଉଣ୍ଡ ନୁହେଁ ।

(କ) ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଗ୍ଧପ ସମସ୍ତ ଦିଗରେ ସମାନ—

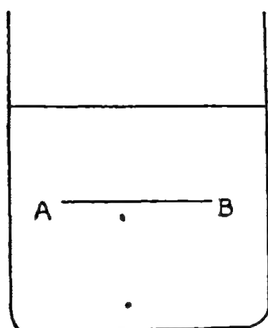
ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁ ନିଆଯାଉ (ଚିତ୍ର 69)



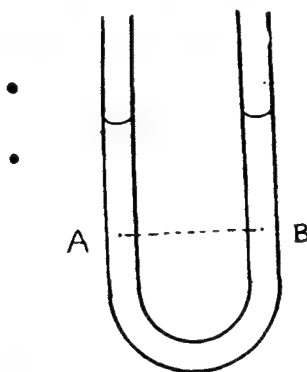
(ଚିତ୍ର 69)

ବିନ୍ଦୁ ଚତୁର୍ଦ୍ଦଗରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଛୋଟ କ୍ଷେତ୍ରଖଣ୍ଡ 'a' ନିଆଯାଉ । ସେଥି ଉପରେ ଗ୍ଧପ 'p' ତା' ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବରେ ରହିଛି; ଓ ସେଥି ଉପରେ ନିହିତ ବଳର ପରିମାଣ ହେଉଛି p×a—ବିନ୍ଦୁକୁ କେନ୍ଦ୍ରକରି କ୍ଷେତ୍ର ଖଣ୍ଡଟିକୁ ଯଦି ସବୁଆଡ଼କୁ ଘୂରାଇ ନିଆଯାଏ, ତେବେ ବଳର ଦିଗ ବଦଳି ଯିବ (ସବୁବେଳେ 'a' ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବରେ ରହି) କିନ୍ତୁ ତା'ର ପରିମାଣ ଯେତିକି ସେତିକି, ଅର୍ଥାତ୍ p×a ରହିବ । ସୁତରାଂ କ୍ଷେତ୍ର ଖଣ୍ଡଟିର ସମସ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ତା' ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବରେ ଥିବା ଯେକୌଣସି ଦିଗରେ ଗ୍ଧପର ପରିମାଣ ସମାନ; ଏବଂ ତା'ର ମୂଲ୍ୟ ହେଉଛି 'p'.

(ଖ) ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ



(a)



(b)

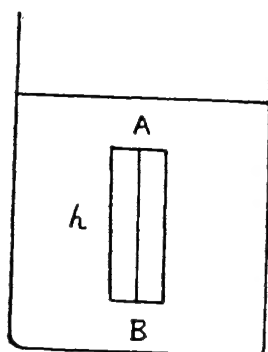
(ଚିତ୍ର 70)

ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳ (Horizontal plane) ରେ ଅବସ୍ଥିତ ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଗ୍ଧପ ସମାନ :—

ଚିତ୍ର 70 ରେ A ଓ B ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତରିକ ସମତଳରେ ଅବସ୍ଥିତ । A ଠାରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ B ଠାରେ ଥିବା ଚାପ ସଙ୍ଗେ ସମାନ । AB ସରଳରେଖାଟି ପୂର୍ଣମାତ୍ରାରେ ଛବି 'a'ରେ ଥିବା ଭଳି ତରଳପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ରହିଥାଇପାରେ କିମ୍ବା ଛବି 'b'ରେ ଥିବା ଭଳି ଆଂଶିକ ଭାବେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଓ ଆଂଶିକ ଭାବେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ବାହାରେ ରହିଥାଇପାରେ । ଉଭୟ ସ୍ଥଳରେ A ଓ B ଠାରେ ଚାପ ସମାନ ।

(ଗ) ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ଯେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ଚାପର ମୂଲ୍ୟ h. d. g. —

ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଗୋଟି ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ଥିବା ଚାପର ପ୍ରଭେଦ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଛେଦ (Cross section) ଓ ଦୁଇବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଅଭିଲମ୍ବ ଦୈର୍ଘ୍ୟ (Vertical height) ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସିଲିଣ୍ଡର (Cylinder) ପରିମାଣ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ସଙ୍ଗେ ସମାନ । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ A ଓ B ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଏକ ଅଭିଲମ୍ବ ସରଳରେଖାରେ ନିଆଯାଉ ।



(ଚିତ୍ର 71)

(ଚିତ୍ର 71 ଦେଖ) Aକୁ B ସହ ଯୋଗକରି ପୁଣି ABକୁ ଅକ୍ଷ (Axis) ନେଇ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସିଲିଣ୍ଡର ଅଙ୍କନ କରାଯାଉ । A ଓ B ଠାରେ ଥିବା ଚାପର ପ୍ରଭେଦ ଏହି ସ୍ତମ୍ଭାକାର ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ସଙ୍ଗେ ସମାନ । ଏହି ସ୍ତମ୍ଭାକାର ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ହେଉଛି $m \times g$, ଯେଉଁଥିରେ କି 'm' ସ୍ତମ୍ଭାକାର ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ 'g' ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଜନିତ ତ୍ୱରଣ ।

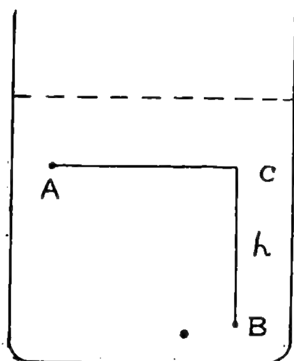
କିନ୍ତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ 'v' ଓ ତାହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା 'd' ହେଲେ, $m = v \times d$ ଓ $m \times g = v \times d \times g$

କିନ୍ତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ, $v = 1 \times h$, କାରଣ ତାହାର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଛେଦର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଏକ ଏକକ ।

∴ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ $= h.d.g.$

ସୁତରାଂ A ଓ B ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟ ଠାରେ ଥିବା ଚାପର ପ୍ରଭେଦ $P_A - P_B = hdg.$ (h ହେଉଛି ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଅଭିଲମ୍ବ ଉଚ୍ଚତା) ।

ଏଠାରେ ଆଉ ଗୋଟିଏ ବିଷୟ ବିଚାର କରିବାର କଥା, ମନେକର A ଓ B ବିନ୍ଦୁ ଦୁଇଟି ଗୋଟିଏ ଅଭିଲମ୍ବ ରେଖାରେ ନ ରହି ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଅବସ୍ଥାନ କରନ୍ତି । ସେପରି ସ୍ଥଳେ A ସହ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ ଓ B ସହ ଏକ ଅଭିଲମ୍ବ ରେଖାରେ ଥିବା C ବିନ୍ଦୁ ନିଆଯାଏ (ଚିତ୍ର 72 ଦେଖ) ।



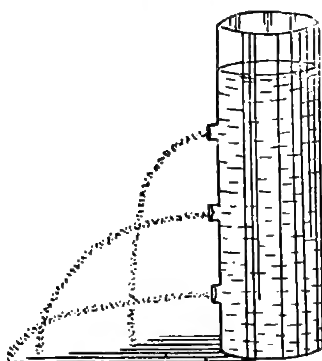
(ଚିତ୍ର 72)

ବର୍ତ୍ତମାନ A ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଷ୍ଟପ P_A=C ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଷ୍ଟପ P_C, କିନ୍ତୁ B ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଷ୍ଟପ P_B—C ଠାରେ ଷ୍ଟପ $P_C=h.d.g$

$$\therefore P_B - P_A = h.d.g$$

ଉପରୋକ୍ତ ଫଳରୁ ଦେଖାଯାଏ ଯେ 'd' ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ (Free surface) ରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ A ଠାରୁ ଅଭିଲମ୍ବରେ h ଗଭୀରତାରେ ଥିବା କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ B ଠାରେ ଷ୍ଟପର ପରିମାଣ ହେଉଛି h.d.g, ଯେହେତୁ A ଉପରକୁ ଆଉ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଷ୍ଟପ ନ ଥାଏ । ସୁତରାଂ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଷ୍ଟପର ପରିମାଣ ତା'ର ଗଭୀରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ପରୀକ୍ଷା—ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଷ୍ଟପ କିପରି ତାହାର ଗଭୀରତା ଉପରେ ନିଭର କରେ ତାହା ପରୀକ୍ଷା କରି ଜାଣିବା ସକାଶେ ବିଭିନ୍ନ ଉଚ୍ଚତାରେ ତିନି ଗୋଟି ଛିଦ୍ରଥିବା ଗୋଟିଏ ଟିଣ ସିଲିଣ୍ଡର ନିଅ (ଚିତ୍ର 73) ।


(ଚିତ୍ର 73)

ଛିଦ୍ରଗୁଡ଼ିକୁ ଠିପି ସାହାଯ୍ୟରେ ବନ୍ଦକରି ସିଲିଣ୍ଡରଟିକୁ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ କର । ଏବେ ଠିପିଗୁଡ଼ିକ ଖୋଲିଦେଲେ ଦେଖିବ ଯେ, ସିଲିଣ୍ଡରର ସର୍ବନିମ୍ନ ଛିଦ୍ରବାଟେ ଜଳ ଖୁବ୍ ଜୋର୍‌ରେ ବୋହିଆସି ବେଶୀ ଦୂରରେ ଯାଇ ପଡ଼ିବ । କିନ୍ତୁ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଛିଦ୍ରବାଟେ ଜଳ ସବୁଠାରୁ କମ୍ ବେଗରେ ବାହାରିବ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଛିଦ୍ର ଦେଇ ବାହାରିବା ଜଳସ୍ରୋତ ସିଲିଣ୍ଡରର କାନ୍ଥ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହୋଇ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଦେଖାଯିବ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାରୁ ଦୁଇଟି ବିଷୟ ପ୍ରମାଣିତ ହେଉଛି । ପ୍ରଥମଟି ହେଉଛି, କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଷ୍ଟପ ତାର ଗଭୀରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ, ଦ୍ୱିତୀୟଟି ହେଉଛି, ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଷ୍ଟପ ତାହାର ଯେ କୌଣସି ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ :

(1) 5 ଫୁଟ ଗଭୀରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଆୟତାକାର ଜଳଭଣ୍ଡାର ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଅଛି । ତାର ନିମ୍ନତଳସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଷ୍ଟପର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଜଳ ଭଣ୍ଡାରର ନିମ୍ନତଳ ଉପରେ ଷ୍ଟପ, h.d.g

$=5\times62{\cdot}5\times32$ ପାଉଣ୍ଡାଲ/ବର୍ଗଫୁଟ

$=5\times62{\cdot}5$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଫୁଟ

($\because$ 1 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ=32 ପାଉଣ୍ଡାଲ୍)

$=312{\cdot}5$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଫୁଟ

(2) 74.0 ସେ:ମି: ଉଚ୍ଚର ଏକ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$p = hdg = (0{\cdot}740$ ମି:) ($1{\cdot}36 \times 10^4$ କି:ଗ୍ରା:/ଘନମିଟର) ($9{\cdot}8$ ମି:/ସେକେଣ୍ଡ^2)

$= 9{\cdot}86 \times 10^4$ ନିଉଟନ୍/ବର୍ଗମିଟର ।

(3) 6·0 ଫୁଟ × 8·0 ଫୁଟର ଗୋଟିଏ ଆୟତାକାର ଭଣ୍ଡାର 8·0 ଫୁଟ ଗଭୀରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗ୍ୟାସୋଲିନ୍ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଛି । ଗ୍ୟାସୋଲିନର ପୃଷ୍ଠରେ ଚାପ 14·7 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗ ଇଞ୍ଚ । ଭଣ୍ଡାରର ନିମ୍ନତଳଠାରେ ଚାପ ଓ ସେଥିଉପରେ ନିହିତ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସାରଣୀରୁ $dg = D = 42$ ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ ।

$Ps = (14{\cdot}7$ ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ) (144 ଇଞ୍ଚ^2/ଫୁଟ^2) $= 2120$ ପାଉଣ୍ଡ/ଫୁଟ^2

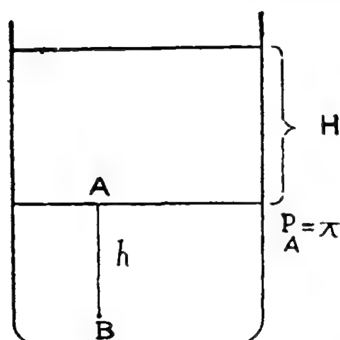
(i) $P = Ps + hdg = 2120$ ପାଉଣ୍ଡ/ଫୁଟ^2 + (8·0 ଫୁଟ) (42 ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ)

$= 2{\cdot}5 \times 10^3$ ପାଉଣ୍ଡ/ଫୁଟ^2 ।

(ii) $F = P \times A =$ ($2{\cdot}5 \times 10^3$ ପାଉଣ୍ଡ/ଫୁଟ^2) (6 ଫୁଟ × 8 ଫୁଟ)

$= 1{\cdot}2 \times 10^5$ ପାଉଣ୍ଡ ।

(ଘ) **ଫଳପ୍ରଦ ପୃଷ୍ଠ** (Effective surface) :—ଯେଉଁ ସ୍ଥଳରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ଖୋଲାଥାଏ, ସେହିଠାରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ (Atmosphere) ର ଚାପ ପଡ଼ିଥାଏ । ମନେକର ଉକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠରେ A ଏକ ବିନ୍ଦୁ (ଚିତ୍ର 74) ।



(ଚିତ୍ର 74)

A ଠାରେ ବାୟୁର ଚାପ $P_A = \pi$ (ବାୟୁର ଚାପ ସାଧାରଣତଃ π ରୂପେ ଲେଖାଯାଏ), କିନ୍ତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ B ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ P_B ହେଲେ—

$$P_B - P_A = h.d.g$$

$\therefore P_B = P_A + h.d.g$ ବା $\pi + hdg$ ।

ମନେକର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଥିବା ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣରୂପେ କାଢ଼ି ନେଇ ତା ସ୍ଥାନରେ A ଉପରେ ସେହି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଏକ ସ୍ତର (Layer) ରଖାଗଲା, ଯାହାରକି ଚାପ A ଠାରେ ଥିବା ବାୟୁର ଚାପ π ସଙ୍ଗେ ସମାନ ।

ଯଦି ଏହି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ତରର ଉଚ୍ଚତା H ହୁଏ, ତେବେ $\pi = H{\cdot}d.g$

$\therefore P_B = H{\cdot}d.g + h.d.g$

$= (H + h)d.g$

ଏହି କାଳ୍ପନିକ (Imaginary) ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ତରର ପୃଷ୍ଠକୁ ଫଳପ୍ରଦ ପୃଷ୍ଠ କୁହାଯାଏ । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ସମସ୍ତ ଚାପ ଫଳପ୍ରଦ ପୃଷ୍ଠଠାରୁ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁର ଗଭୀରତା (H+h) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ; ଅର୍ଥାତ୍ H+h ବଢ଼ିଗଲେ ଚାପ ବଢ଼େ ଓ H+h କମିଗଲେ ଚାପ କମିଯାଏ ।

(ଡ) ଚାପକୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ତମ୍ଭ (Column) ରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

ଉପରେ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ, ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁଠାରୁ ଫଳପ୍ରଦ ପୃଷ୍ଠପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା ସହ ସମାନୁପାତିକ (Proportional) ଅଟେ । ସୁତରାଂ ଅନେକ ସମୟରେ ଚାପକୁ ଏହି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତାରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ସେହି ହିସାବ ଅନୁଯାୟୀ ବାୟୁର ମାନକ (Standard) ଚାପକୁ ସାଧାରଣରେ 76 ସେ:ମି: ପାରଦ ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ଏହାର ଅର୍ଥ ହେଉଛି ବାୟୁର ଚାପର ପରିମାଣ 76 ସେ:ମି: ଉଚ୍ଚତା ଓ 1 ବର୍ଗ ସେ:ମି: ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଓଜନ ସଙ୍ଗେ ସମାନ । ଅର୍ଥାତ୍ $76\times$ପାରଦର ସାନ୍ଦ୍ରତା $\times g$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗସେ:ମି:

ବା $76\times 13{\cdot}6\times 980$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗସେ:ମି:

$=1{\cdot}13\times 10_6$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗସେ:ମି:

ଉଦାହରଣ—ପରୀକ୍ଷାଗାରକୁ ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଉଥିବା ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଚାପ 7 ସେ:ମି:ର ଜଳ ଅଟେ । ଏହି ଚାପକୁ ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ଡାଇନ୍‌ରେ ପ୍ରକାଶ କର । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଏହି ଚାପ କେତେ ଉଚ୍ଚର ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭ ସଙ୍ଗେ ସମାନ ହେବ, ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

7 ସେ:ମି: ଉଚ୍ଚତା ବିଶିଷ୍ଟ ଜଳ ସ୍ତମ୍ଭର ଚାପ$=h.d.g$

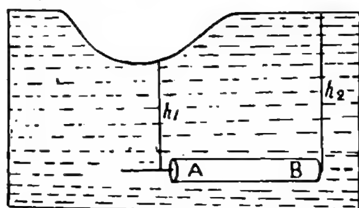
$=7\times 1\times 980=6860$ ଡ଼ାଇନ୍/ବର୍ଗସେ:ମି:

ଯଦି ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ପାରଦସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା h_1 ହୁଏ ଓ ପାରଦର ସାନ୍ଦ୍ରତା d_1 ହୁଏ, ତେବେ $P=h.d.g=h_1d_1g.$

ଅର୍ଥାତ୍ $hdg=h_1d_1g$ ବା $h_1=\frac{hd}{d_1}=\frac{7\times 1}{13{\cdot}6}$

$=0{\cdot}515$ ସେ:ମି:ର ପାରଦସ୍ତମ୍ଭ

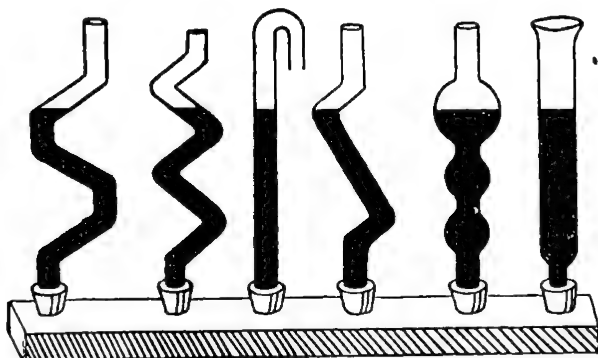
(ଢ) ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତପୃଷ୍ଠ ଭୂସମାନ୍ତର ଅଟେ :—



(ଚିତ୍ର 75)

ମନେକର ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ଭୂସମାନ୍ତର ନ ରହି ଚିତ୍ର 75 ରେ ଦେଖାଯାଇଥିବା ଭଳି ରହେ । ଉକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷବିଶିଷ୍ଟ ଏକ କାଳ୍ପନିକ ସିଲିଣ୍ଡର AB ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ ବିଷୟ ବିଚାର କରାଯାଉ । ମନେକର ତାର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ s । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ଥିବାଯୋଗୁଁ ସିଲିଣ୍ଡରଟି ମଧ୍ୟ ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ଥିବା ସୁନିଶ୍ଚିତ । ମନେକର ପୃଷ୍ଠଠାରୁ Aର ଗଭୀରତା h_1 ଓ Bର ଗଭୀରତା h_2 । ତେବେ A ଉପରେ ନିହିତ ବଳର ପରିମାଣ sh_1dg ଓ B ଉପରେ ନିହିତ ବଳର ପରିମାଣ sh_2dg, କିନ୍ତୁ h_1 ଠାରୁ h_2 ବେଶୀ ହେବା ଯୋଗୁଁ sh_1dg ଠାରୁ sh_2dg ବେଶୀ ହେବ । ଫଳରେ ସିଲିଣ୍ଡରଟି ଡ଼ାହାଣରୁ ବାମକୁ ଗତି କରିବ । ତାହାହେଲେ ତରଳ ପଦାର୍ଥଟି ଆଉ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିପାରିବ ନାହିଁ । ଯେହେତୁ ଏହା ସ୍ଥିର ରହିଅଛି, h_1 ସହ h_2 ସମାନ ହେବ; ଅର୍ଥାତ୍ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତପୃଷ୍ଠ ଭୂସମାନ୍ତର ରହିବ । ଏଥିରୁ ମଧ୍ୟ ଅନୁମିତ ହୁଏ ଯେ, କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ ସମାନ ।

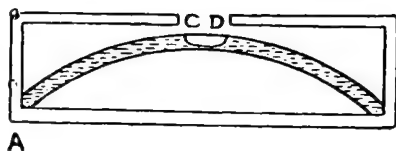
(ଛ) ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସମୋଚ୍ଛଶୀଳତା :—(ଚିତ୍ର 76) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ଭଳି ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ କାଚପାତ୍ର ଯଦି ଏକ କାଚନଳୀଦ୍ୱାରା ପରସ୍ପର ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ, ଏବଂ ସେଥିରୁ ଗୋଟିକରେ ଯଦି କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଢଳାଯାଏ ତେବେ ଦେଖାଯିବ ଯେ ଉକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସବୁପାତ୍ରକୁ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ଉକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପାତ୍ରଗୁଡ଼ିକରେ ସମାନ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠିବ । ପୁଣି ସମସ୍ତ ପାତ୍ରରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ ଅବସ୍ଥାନ କରିବ । ଏଣୁ ସ୍ଥିର-ବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତପୃଷ୍ଠ ଭୂସମାନ୍ତର ଅଟେ ।



(ଚିତ୍ର 76)

ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଏହି ଧର୍ମକୁ ଅନୁସରଣ କରି ସ୍ପିରିଟ୍ ସମତଳ ଯନ୍ତ୍ର (Spirit level) ନିର୍ମାଣ କରାଯାଇଥାଏ । କୌଣସି ପୃଷ୍ଠ ଭୂସମାନ୍ତର ଅଛି କି ନାହିଁ, ପରୀକ୍ଷା କରି ଜାଣିବା ସକାଶେ ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ସାମାନ୍ୟ ବଙ୍କା କାଚନଳୀ AB ଥାଏ (ଚିତ୍ର 77) ।

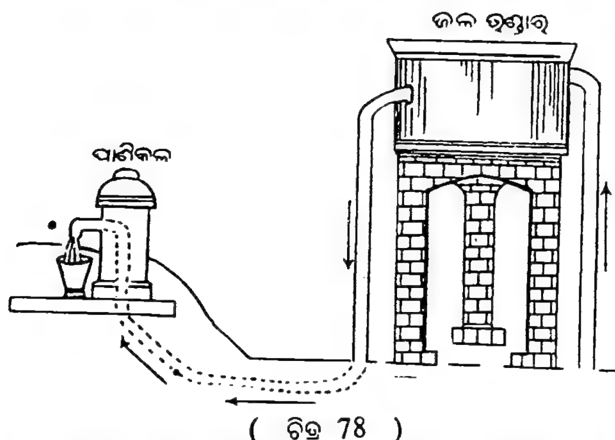
ନଳୀଟି ଜଳ ଓ ସୁରସାର (Alcohol) ର ଏକ ମିଶ୍ରଣରେ ପୂର୍ଣ୍ଣହୋଇ ରହିଥାଏ; କିନ୍ତୁ ସେଥିରେ ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ବାୟୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍ (Bubble) ଥାଏ । ବାୟୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍‌ଟି ନଳୀମଧ୍ୟରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟକରେ ଓ ନଳୀଟିର ଉଚ୍ଚତମ ଅଂଶରେ ସର୍ବଦା ରହିବାକୁ ଚେଷ୍ଟାକରେ । ନଳୀର ମଧ୍ୟ ଭାଗରେ ଦୁଇଗୋଟି ଚିହ୍ନ C ଓ D ଏପରି ଭାବେ ଚିହ୍ନିତ କରାଯାଇଥାଏ ଯେ C ଓ D ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତା ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍‌ଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସଙ୍ଗେ ସମାନ ହୋଇଥାଏ । ନଳୀଟିକୁ ଗୋଟିଏ ପିତଳ ଆବରଣ (Case) ମଧ୍ୟରେ ଏପରିଭାବେ ଖଞ୍ଜାଯାଇଥାଏ ଯେ ଯନ୍ତ୍ରଟିର ଭୂମି (Base) କୌଣସି ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ରହିଲେ ବାୟୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍‌ଟି ଚିହ୍ନ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥାନ କରେ ।



(ଚିତ୍ର 77)

ସହରରେ ଜଳ ଯୋଗାଣ (Town water supply)—ଜଳ ସର୍ବଦା ଏକ ସମତଳରେ ରହେ । ତାହାର ଏହି ଧର୍ମକୁ ଅନୁସରଣ କରି ସହରରେ ପାନୀୟ

ଜଳଯୋଗାଣର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଇଥାଏ । ଏଥିପାଇଁ କୌଣସି ପ୍ରାକୃତିକ ଜଳାଶୟରୁ ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ଜଳକୁ କୌଣସି ଉଚ୍ଚସ୍ଥାନକୁ ଉଠାଇନେଇ ସେଠାରେ ଗୋଟିଏ ଭଣ୍ଡାର (Water tank) ରେ ସଞ୍ଚୟ କରାଯାଏ (ଚିତ୍ର 78) ।



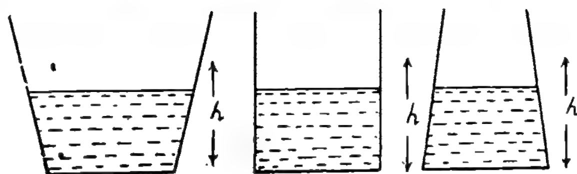
(ଚିତ୍ର 78)

ଜଳଭଣ୍ଡାରରୁ ଉକ୍ତ ଜଳକୁ ନଳୀ (Pipe) ସାହାଯ୍ୟରେ ନେଇ ସହରବାସୀଙ୍କୁ ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଏ । ସହରର ଯେକୌଣସି ଉଚ୍ଚ କୋଠାଘରକୁ ଉକ୍ତ ଜଳ ଉଠିବା ଉଚିତ । ଜଳର ସାଧାରଣ ଧର୍ମ ଅନୁସାରେ ଏହାର ଉଠିବାର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଉଚ୍ଚତା ଖୁବ୍ ହେଲେ ଜଳଭଣ୍ଡାରର ଉଚ୍ଚତା ସହ ସମାନ ହୋଇପାରିବ; କେବେହେଲେ ସେଥିରୁ ଅଧିକ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ । ଏଣୁ ସହରର ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ଥାନକୁ ଜଳ ଯୋଗାଇବାପାଇଁ ବହୁ ଉଚ୍ଚରେ ଜଳଭଣ୍ଡାର ନିର୍ମାଣ କରାଯାଇଥାଏ ।

(କ) ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଥିବା କୌଣସି ପାତ୍ରର ନିମ୍ନ ତଳ (Base) ଉପରେ ନିହିତ ଠେଲ (Thrust) : ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଥିବା କୌଣସି ପାତ୍ରର ନିମ୍ନତଳରେ ନିହିତ ଠେଲ F=ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ P× ନିମ୍ନତଳର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A । କିନ୍ତୁ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ତରଳପଦାର୍ଥର ଗଭୀରତା h ହେଲେ, ପାତ୍ରର ନିମ୍ନତଳ ଉପରେ ପଡ଼ିବା ଚାପ, $P=h.d.g$

$$\therefore F=A.h.d.g$$

ବିଭିନ୍ନ ଆକୃତି ବିଶିଷ୍ଟ ପାତ୍ରଗୁଡିଏ ନିଆଯାଉ । ସେଗୁଡ଼ିକର ନିମ୍ନତଳର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସମାନ ।



(ଚିତ୍ର 79)

ତାହାହେଲେ ସେଗୁଡ଼ିକରେ ସମାନ ଉଚ୍ଚତାର ତରଳପଦାର୍ଥ ରଖିଲେ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାତ୍ରର ନିମ୍ନତଳରେ ନିହିତ ଠେଲର ପରିମାଣ ସମାନ ହେବ । ପାତ୍ରଗୁଡ଼ିକର ଆକାର ଭିନ୍ନ ଧରଣର

ହୋଇଥିବାରୁ ସେଗୁଡିକରେ ବିଭିନ୍ନ ପରିମାଣର ଜଳ ଥାଏ । ଚିତ୍ର 79 ରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ତିନିଗୋଟି ପାତ୍ରରେ ବିଭିନ୍ନ ଓଜନର ତରଳପଦାର୍ଥ ଥିଲେ ସୁଦ୍ଧା ସେଗୁଡ଼ିକର ନିମ୍ନତଳରେ ସମାନ ପରିମାଣର ଠେଲ ପଡୁଅଛି; କାରଣ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ ଓ ତାକୁ ଧାରଣ କରିଥିବା ପାତ୍ରର ନିମ୍ନତଳର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ ଠେଲ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ; କିନ୍ତୁ ତାହା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପରିମାଣ କିମ୍ବା ଓଜନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

ଉଦାହରଣ :

(1) ଗୋଟିଏ ଶଙ୍କୁ ଆକାରର (Conical) ପାତ୍ରର ଭୂମିର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 20 ବର୍ଗ ସେ:ମି: ଓ ଉଚ୍ଚତା 30 ସେ:ମି: । ପାତ୍ରଟି ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥିଲେ ତାହାର ନିମ୍ନତଳ ଉପରେ ନିହିତ ଠେଲର ପରିମାଣ କେତେ, ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ନିମ୍ନତଳର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ $= h.d.g$

$= 30 \times 1 \times g$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି:

$= 30$ ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ/ବର୍ଗ ସେ:ମି:

($\because$ 1 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ $= g$ ଡାଇନ୍)

ନିମ୍ନତଳର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $= 20$ ବର୍ଗ ସେ:ମି:

$\therefore$ ନିମ୍ନତଳ ଉପରେ ନିହିତ ଠେଲର ପରିମାଣ $= 30 \times 20$

$= 600$ ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ

(2) ଗୋଟିଏ ବର୍ଗାକାର କୁଣ୍ଡରେ 10 ସେ:ମି: ଗଭୀରତାର ଜଳ ଅଛି ୀ ଜଳ ଉପରେ 0.8 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ 20 ସେ:ମି: ଗଭୀରତାର ତୈଳ ଅଛି । କୁଣ୍ଡର ନିମ୍ନତଳ ଉପରେ ପଡ଼ିବା ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଜଳର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା, $d_1 = 1$

ତୈଳର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା, $d_2 = 0.8$

ଜଳର ଗଭୀରତା, $h_1 = 10$ ସେ:ମି:

ତୈଳର ଗଭୀରତା, $h_2 = 20$ ସେ:ମି:

ପାତ୍ରର ନିମ୍ନତଳସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ

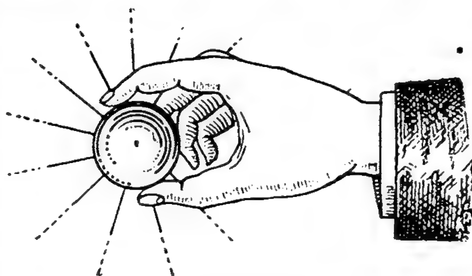
$= h_1 d_1 + h_2 d_2$ ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ/ବର୍ଗ ସେ:ମି:

$= 10 \times 1 + 20 \times 0.8 = 10 + 16 = 26$ ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ/ବର୍ଗ ସେ:ମି:

14.6 ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ ସଂଚଳନର ନିୟମ (Law of Transmissibility of Liquid pressure) :

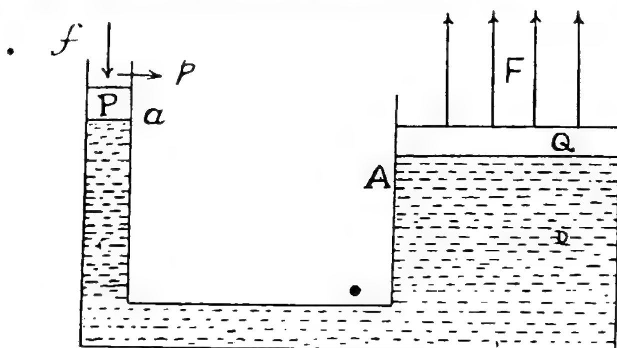
ପାସ୍କେଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ (Pascal's Law) . ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ସମସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ ଉକ୍ତ ବର୍ଦ୍ଧିତ ଚାପ ହ୍ରାସ ନ ପାଇ ପଦାର୍ଥର ସମସ୍ତ ଅଂଶକୁ ସମାନ ଭାବରେ ସଂଚାଳିତ ହୁଏ । ଏହା ହେଲା ପାସ୍କେଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ।

(କ) ଏହି ନିୟମର ସତ୍ୟତା ବୁଝିବାକୁ ହେଲେ ବହୁ ଛିଦ୍ରବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ରବର ବଲ୍ ନେଇ ସେଥିରେ ଏକ ବଡ଼ ଛିଦ୍ର କରିଦେଇ ବଲ୍‌ଟି ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଏ । ତା'ପରେ ଛୁଞ୍ଚି ସାହାଯ୍ୟରେ ବଲ୍ ଦେହରେ ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ଛୋଟ ଛିଦ୍ର ଫୋଡ଼ାଯାଏ । ବଲ୍‌ର ବଡ଼ ଛିଦ୍ରଟିକୁ ଆଙ୍ଗୁଠି ଟିପ ଦ୍ୱାରା ବନ୍ଦ କରି ରଖି ବଲ୍‌ଟିକୁ ଚିପିଦେଲେ ବଲ୍ ଭିତରର ଜଳ ଛିଦ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଦେଇ ସମାନ ବେଗରେ ପଦାକୁ ବାହାରି ଆସେ (ଚିତ୍ର 80 ଦେଖ) । ଏଥିରୁ ଅନୁମିତ ହୁଏ ଯେ, ବଲ୍ ଉପରେ ପଡ଼ିଥିବା ଚାପ ଛିଦ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଆଡ଼େ ବଲ୍ ମଧ୍ୟର ଜଳରେ ସମାନ ଭାବରେ ସଞ୍ଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର 80)

(ଖ) ପାସ୍କେଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଉଦ୍‌ଚାଳିତ ଚାପଯନ୍ତ୍ର (Hydraulic Press) ନିର୍ମାଣରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ । ଏହି ଚାପଯନ୍ତ୍ରକୁ ବ୍ରହ୍ମାଚାପ ଯନ୍ତ୍ର (Bramah Press) ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବୁଝିବାକୁହେଲେ ନିମ୍ନ ବିଷୟଟି ପ୍ରଥମେ ଜାଣିବା ଦରକାର :—ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ 'a' ଓ 'A' ଥିବା ଦୁଇଗୋଟି ସ୍ତମ୍ଭକ C ଓ D ଗୋଟିଏ ନଳୀ ଦ୍ୱାରା ନିମ୍ନରେ ଯୋଗହୋଇ ଅଭିଲମ୍ବରେ ଥାଏ (ଚିତ୍ର 81 ଦେଖ) । ସିଲିଣ୍ଡର



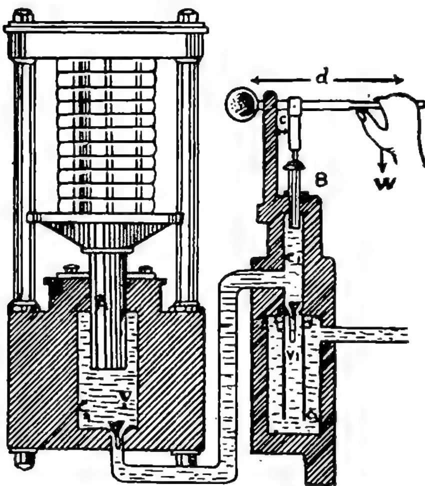
(ଚିତ୍ର 81)

ଦୁଇଟି ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ । ଦୁଇଗୋଟି ହାଲୁକା ଜଳ ନିରୋଧକ ପିଷ୍ଟନ୍ (Water tight piston) P ଓ Q ଯଥାକ୍ରମେ ଦୁଇଟି ସିଲିଣ୍ଡର C ଓ D ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳପୃଷ୍ଠକୁ ଲାଗି ସିଲିଣ୍ଡର ଦେହକୁ ଚାପି ରହିଥାଏ । ଯଦି ପିଷ୍ଟନ୍ P ପ୍ରତି ନିମ୍ନ ଦିଗରେ f ବଳପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ତେବେ ତା'ର ମୁଣ୍ଡ ସଂଲଗ୍ନରେ ଥିବା ଜଳ ଉପରେ ଚାପ ପଡ଼େ ଓ ଉକ୍ତ ଚାପର ପରିମାଣ, $P=\frac{f}{a}$ । ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଏହି ଚାପ ସିଲିଣ୍ଡର D ରେ ଥିବା ଜଳର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଂଶକୁ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇ ସଞ୍ଚାଳିତ ହୁଏ । ଫଳରେ ପିଷ୍ଟନ Q ତଳେଥିବା ଜଳ Q ମୁଣ୍ଡପ୍ରତି $P \times A$ ପରିମାଣର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ, F ପ୍ରୟୋଗ କରେ । ଏହି ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ, $F=P \times A=\frac{f}{a} \times A$ । ଏହି ପରିମାଣର ବଳରେ Q ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି କରିବାକୁ

ଲଗେ । ସୁତରାଂ 'a' ଯଦି ଛୋଟ ହୋଇଥାଏ ଓ A ବଡ଼ ହୋଇଥାଏ, ଏକ ଛୋଟ ଧରଣର ନିମ୍ନବଳ f କୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଗୋଟିଏ ବଡ଼ ଧରଣର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ, F କୁ Q ଠାରେ ସୃଷ୍ଟି କରଯାଇପାରେ । ଯଦି ପିଷ୍ଟନ୍ Q କୁ ନିଜସ୍ଥାନରୁ ନ ଘୁଞ୍ଚାଇ ସେଠାରେ ସ୍ଥିରରେ ରଖିବାକୁ ଇଚ୍ଛା କରଯାଏ, ତେବେ F ପରିମାଣର ନିମ୍ନବଳ ତା'ପ୍ରତି ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହେବ, ସେଥିରୁ କମ୍ ହେଲେ Q ନିଶ୍ଚୟ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି କରିବ । ଏ ଘଟଣାଟି ବଡ଼ ବିଚିତ୍ର ବୋଧହୁଏ, କାରଣ ହଠାତ୍ ଆମ ମନକୁ ଆସିବ ଯେ ଯଦି p ପ୍ରତି f ନିମ୍ନବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରଗଲା ତେବେ Q କୁ ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ରଖିବାକୁ ହେଲେ ତାହାପ୍ରତି ମଧ୍ୟ f ନିମ୍ନବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହେବ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ଘଟେ ନାହିଁ । 'f' ର ଅନେକ ଗୁଣ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରଯାଏ । ଏଣୁ ଏହାକୁ ଉଦ୍‌ସ୍ଥୈତିକ ବିରୋଧାଭାସ (Hydrostatic Paradox) କୁହାଯାଏ । ଏହା ହେଲା ବ୍ରହ୍ମାଚାପ ଯନ୍ତ୍ରର ମୂଳନୀତି । ଏହି ମୂଳନୀତିକୁ ଅନୁସରଣ କରି ବ୍ରହ୍ମାଚାପ ଯନ୍ତ୍ର ନିର୍ମାଣ କରଯାଇଥାଏ ।

ଉଦ୍‌ଚାଳିତ ଚାପଯନ୍ତ୍ର ବା ବ୍ରହ୍ମାଚାପ ଯନ୍ତ୍ର

ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟିରେ ପ୍ରଧାନତଃ ଦୁଇଗୋଟି ସିଲିଣ୍ଡର C_1 ଓ C_2 ଥାଏ (ଚିତ୍ର ୪2 ଦେଖ) । ସିଲିଣ୍ଡର ଦୁଇଟି ନିମ୍ନଦେଶରେ ଗୋଟିଏ ନଳାଦ୍ୱାରା ଯୋଗହୋଇ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ । ସିଲିଣ୍ଡର ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ 'a' ଓ 'b' କ୍ଷେତ୍ରଫଳବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇ-ଗୋଟି ଜଳ ନିରୋଧକ ପିଷ୍ଟନ୍ A ଓ B ଗତି କରୁଥାଏ । ପିଷ୍ଟନ୍ B ର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ବେଳେ V_1 କପାଟିକା (Valve) ଦେଇ C_1 ସିଲିଣ୍ଡରରେ ଜଳ ପ୍ରବେଶ କରେ । କିନ୍ତୁ B ର ନିମ୍ନ ଗତିବେଳେ V_1 ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ ଓ ଉକ୍ତ ଜଳ V_2 କପାଟିକା ବାଟେ ସିଲିଣ୍ଡର C_2 ମଧ୍ୟକୁ ଠେଲି ହୋଇଯାଏ । ଏହି ରୂପେ ଜଳ ମାଧ୍ୟମରେ B ରୁ A କୁ ଚାପ ସଞ୍ଚାଳିତ ହୁଏ । ପିଷ୍ଟନ A ଉପରେ ପଡ଼ିବା ବଳର ପରିମାଣ B କୁ ଚାଳନ କରୁଥିବା ଭାରଦଣ୍ଡ (Lever) ର କାର୍ଯ୍ୟଯୋଗୁଁ ଅନେକ ଗୁଣ ବଢ଼ିଯାଏ । ପିଷ୍ଟନ୍ A ଉପରେ ନିହିତ ସମୁଦାୟ ବଳର ପରିମାଣକୁ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଭାବେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇ ପାରେ :—



(ଚିତ୍ର ୪2)

ମନେକର ଭାରଦଣ୍ଡର ଭାରକେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ଭାର Q ର ଦୂରତା 'C' ଓ ଭାରକେନ୍ଦ୍ର-ଠାରୁ ସାମର୍ଥ୍ୟ W ର ଦୂରତା 'd', ତେବେ $W \times d = Q \times C$ ବା $Q = \frac{d}{C} \times W$

ମନେକର Q=f ଓ ପିଷ୍ଟନ A ଉପରେ ନିହିତ ବଳ F

ତେବେ $\frac{F}{a} = \frac{f}{b}$ ବା $F = f \times \frac{a}{b}$

$\therefore F = \frac{a}{b} \times \frac{d}{C} \times W$

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ବଡ଼ ବଡ଼ ତୁଳା କିମ୍ବା ପଶମଗାଣ୍ଠି ଓ ସୀସାପାତକୁ ସଙ୍କୁଚିତ କରଯାଏ । ସଙ୍କୋଚ କରିବା ପଦାର୍ଥକୁ ପିଷ୍ଟନ A ସହ ସଂଲଗ୍ନ ହୋଇଥିବା ଏକ ସଚଳ (Movable) ଫ୍ରେମ୍ (Frame) ଓ ଯନ୍ତ୍ରସହ ଖଞ୍ଜା ଯାଇଥିବା ଗୋଟିଏ ଅଚଳ (Fixed) ଫ୍ରେମ୍ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । A ଉପରକୁ ଉଠିଲେ ତାହାସହ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟ ଉପରକୁ ଉଠି ଦୁଇ ଫ୍ରେମ୍ ମଧ୍ୟରେ ସଙ୍କୁଚିତ ହୋଇଯାଏ । ପୃଥିବୀର ବୃହତ୍ତମ ଉଦ୍‌ଗ୍ରଳିତ ଗ୍ରପ ଯନ୍ତ୍ର 7000 ଟନ୍ ଓଜନର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା ଜଣାଯାଇଛି ।

ଉଦାହରଣ (1) :

ଗୋଟିଏ ଉଦ୍‌ଗ୍ରଳିତ ଗ୍ରପଯନ୍ତ୍ରର କ୍ଷୁଦ୍ର ଓ ବୃହତ୍ ପିଷ୍ଟନ୍‌ମୁଣ୍ଡର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଯଥାକ୍ରମେ 1 ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଓ 10 ବର୍ଗଇଞ୍ଚ; ଭରଦଣ୍ଡର ଭରବାହୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 4 ଇଞ୍ଚ ଓ ସାମର୍ଥ୍ୟ ବାହୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 20 ଇଞ୍ଚ । ଯଦି ଭରଦଣ୍ଡରେ ଏକ ହନ୍ଦର ଓଜନର ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରଯାଏ, ତେବେ ବୃହତ୍ ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରେ କେତେ ପରିମାଣର ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ ନିହିତ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ W=1, ହନ୍ଦର ଓଜନ=112 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ

a=10 ବର୍ଗଇଞ୍ଚ

b=1 ବର୍ଗଇଞ୍ଚ

C=4 ଇଞ୍ଚ

d=20 ଇଞ୍ଚ

ତେବେ $F=\frac{a}{b}\times\frac{d}{C}\times W=\frac{10}{1}\times\frac{20}{4}\times 112$

=5,600 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ।

ଉଦାହରଣ (2) :

ଗୋଟିଏ ଉଦ୍‌ଗ୍ରଳିତ ଗ୍ରପଯନ୍ତ୍ରରେ କ୍ଷୁଦ୍ର ସିଲିଣ୍ଡରର ବ୍ୟାସ 1·0 ଇଞ୍ଚ, କିନ୍ତୁ ବୃହତ୍ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ବ୍ୟାସ 8·0 ଇଞ୍ଚ । କ୍ଷୁଦ୍ର ପିଷ୍ଟନ୍ ପ୍ରତି 120 ପାଉଣ୍ଡର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ବୃହତ୍ ପିଷ୍ଟନ୍‌ରେ ନିହିତ ବଳର ପରିମାଣ କେତେ ହେବ ? (ଘର୍ଷଣ ଉପେକ୍ଷଣୀୟ)

ଉଭୟ ପିଷ୍ଟନ୍ ଠାରେ ଗ୍ରପ ସମାନ ପରିମାଣରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବା ଯୋଗୁଁ

$P_2=P_1$

$\frac{F_2}{A_2}=\frac{F_1}{A_1}\quad \therefore F_2=\frac{A_2}{A_1}F_1=\frac{\pi\,(4\cdot0\text{ ଇଞ୍ଚ })^2}{\pi\,(0\cdot5\text{ ଇଞ୍ଚ })^2}\times 120$ ପାଉଣ୍ଡ

$=7\cdot7\times10^3$ ପାଉଣ୍ଡ

ସାରାଂଶ

1. ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଯେକୌଣସି ପୃଷ୍ଠରେ ନିହିତ ବଳ-ଗୁଡ଼ିକ କେବଳ ଅଭିଲମ୍ବ ବଳ ।
2. ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳବିଶିଷ୍ଟ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଯେଉଁ ଠେଲ ପ୍ରୟୋଗ କରଯାଏ ତାହାକୁ ସେହି ପୃଷ୍ଠ ଉପରର ଗ୍ରପ କୁହାଯାଏ । ଗ୍ରପ (P) = $\frac{\text{ଠେଲ ବା ବଳ (F)}}{\text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ (A)}}$ ପୁଣି ଠେଲ=ଗ୍ରପ × କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ।

3. ଚାପର ଏକକ — (କ) F.P.S. ପ୍ରଣାଳୀରେ ଏକ ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ
(ଖ) C.G.S. ପ୍ରଣାଳୀରେ ଏକ ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ଡାଇନ୍

4. (କ) ସାନ୍ଦ୍ରତା —ଏକକ ଘନ ପରିମାଣବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ତାହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା କୁହାଯାଏ ।
(ଖ) F.P.S. ପ୍ରଣାଳୀରେ ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ଏକ ଘନଫୁଟ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡ ବୋଲି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।
(ଗ) C.G.S. ପ୍ରଣାଳୀରେ ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ଏକ ଘନ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ଗ୍ରାମ୍ ବୋଲି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।
(ଘ) 4°c ରେ ଏକ ଘନ ସେ:ମି: ବିଶୁଦ୍ଧ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 1 ଗ୍ରାମ୍ ।
(ଙ) ସାନ୍ଦ୍ରତା $(\text{Density}) = \dfrac{\text{ବସ୍ତୁତ୍ୱ (Mass)}}{\text{ଆୟତନ (Volume)}}$ ।

5. ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା —
(କ) ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $(S) = \dfrac{\text{ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ (M)}}{\text{4°c ରେ ସମଆୟତନ ବିଶୁଦ୍ଧ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}$ ।
(ଖ) C.G.S. ପ୍ରଣାଳୀରେ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା=ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା ।
(ସଂଖ୍ୟାନୁସାରେ)
(ଗ) F.P.S. ପ୍ରଣାଳୀରେ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା=ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା×62·5
(ଏକ ଘନଫୁଟ ଜଳର ଓଜନ=62·5 ପାଉଣ୍ଡ)

6. ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ ସମସ୍ତ ଦିଗରେ ସମାନ ।

7. ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ ଅବସ୍ଥିତ ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ ସମାନ ।

8. ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ଚାପର ମୂଲ୍ୟ h.d.g. (h=ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ଠାରୁ ବିନ୍ଦୁର ଗଭୀରତା; d=ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା; g=ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଜନିତ ତ୍ୱରଣ)।

9. ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ପଡ଼ିବା ଚାପ ଫଳପ୍ରଦ (Effective) ପୃଷ୍ଠଠାରୁ ହିସାବ କଲେ ଚାପର ପରିମାଣ P=(H+h.)d.g. ହେବ । (H=ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ।)

10. ବାୟୁର ମାନକ ଚାପକୁ ସାଧାରଣରେ 76 ସେ:ମି:ର ପାରଦ ବୋଲି କୁହାଯାଏ ।

11. ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତପୃଷ୍ଠ ଭୂସମାନ୍ତର ଅଟେ ।

12. ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ରକୃତି ବ୍ୟବହାର କରି ସ୍ପିରିଟ୍ ଲେବଲ ନିର୍ମିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ସହରରେ ଜଳଯୋଗାଣ କରାଯାଇଥାଏ ।

13. ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଥିବା କୌଣସି ପାତ୍ରର ନିମ୍ନତଳ ଉପରେ ନିହିତ ଚାପ=A.h.d.g. (A=ନିମ୍ନତଳର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଓ hdg=ଚାପର ପରିମାଣ ।)

14. ପାସ୍କେଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ —ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ସମ ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ ଉକ୍ତ ବର୍ଦ୍ଧିତ ଚାପ ହ୍ରାସ ନ ପାଇ ପଦାର୍ଥର ସମସ୍ତ ଅଂଶକୁ ସମାନ ଭାବରେ ସଂଚାଳିତ ହୁଏ ।

15. ପାସ୍କେଲଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଉଦ୍‌ଚାଳିତ ଚାପ ଯନ୍ତ୍ର ନିର୍ମାଣ କରାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଜଳର ଚାପ ଦ୍ୱାରା ଉକ୍ତ ବଳକୁ ବହୁତ ଗୁଣ ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ଭାରଦଣ୍ଡର ଭାରବାହୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 'l' ଓ ସାମର୍ଥ୍ୟ ବାହୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 'L' ହେଲେ ପୁଣି ସାମର୍ଥ୍ୟ ବାହୁରେ 'P' ସାମର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିଲେ, ଛୋଟ ପିଷ୍ଟନ୍‌ରେ ପ୍ରୟୋଗ ହେବା ବଳର ପରିମାଣ, $f = \frac{P \times L}{l}$; ପୁଣି ଛୋଟ ଓ ବଡ଼ ପିଷ୍ଟନ୍ ମୁଣ୍ଡର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଯଥାକ୍ରମେ 'a' ଓ 'A' ହେଲେ ବଡ଼ ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରେ ନିହିତ ବଳ, $F = f \times \frac{A}{a} = P \times \frac{L}{l} \times \frac{A}{a}$ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. 'ଚାପ' ଓ 'କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ'ର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ । 0·8 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଗୋଟିଏ ଅସମାନ (Irregular) ପାତ୍ରରେ ଢ଼ାଳି ଦିଆଗଲା । ଯଦି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଗଭୀରତା 25 ସେ:ମି: ହୁଏ, ତେବେ ପାତ୍ରର ନିମ୍ନତଳ (Base) ସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପର ପରିମାଣ କେତେ ?

(ଉ: 20 ଗ୍ରାମ୍ ବର୍ଗ ସେ: ମି: ପ୍ରତି ଓଜନ)

2. ଗୋଟିଏ ବର୍ଗାକାର ପାତ୍ରରେ 15 ସେ:ମି: ଗଭୀରତାର ଜଳ ରହିଛି । ଜଳ ଉପରେ 0·83 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଥିବା 10 ସେ:ମି: ଗଭୀରତାର କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ରହିଛି । ପାତ୍ରର ନିମ୍ନତଳରେ ଥିବା କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଉଭୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଥକୀକରଣ ତଳ (Surface of separation) ଠାରୁ 3·5 ସେ:ମି: ନିମ୍ନରେ ଥିବା କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ମଧ୍ୟ ଚାପର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
[ଉ: (1) ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପ୍ରତି 23·3 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ (2) ବର୍ଗ ସେ: ମି: ପ୍ରତି 11·8 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ]

3. ଉପଯୁକ୍ତ ଉଦାହରଣ ସହ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଚାପର ସଂଚାଳନର ନିୟମ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

4. ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ନିୟମଗୁଡ଼ିକ୍ ଉଲ୍ଲେଖ କରି ପରିଷ୍କାରଭାବରେ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

5. ଠେଲ ବା ବଳ ଓ ଚାପର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ । ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବା 'd' ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଠାରୁ h ଗଭୀରତାରେ ଚାପର ପରିମାଣ hdg ଅଟେ । ଏହା ପ୍ରମାଣ କର । 10 ଫୁଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ, 8 ଫୁଟ ପ୍ରସ୍ଥ ଓ 6 ଫୁଟ ଗଭୀରତାବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଜଳକୁଣ୍ଡ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଅଛି । କୁଣ୍ଡର ନିମ୍ନତଳ ଉପରେ ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାର୍ଶ୍ୱ (side) ଉପରେ ନିହିତ ଠେଲର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
[ଉ: (1) 30,000 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ (2) ଦୀର୍ଘ ପାର୍ଶ୍ୱରେ 11,250 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ଓ (3) ପ୍ରସ୍ଥ ପାର୍ଶ୍ୱରେ 9,000 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ]

6. ପାସ୍କେଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଲେଖି ତାହା କିପରି ଉଦ୍‌ଚାଳିତ ଚାପ ଯନ୍ତ୍ର (Hydraulic Press) ରେ ପ୍ରୟୋଗ କରଯାଇଛି ତାହା ଚିତ୍ର ସହ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

7. ସମୁଦ୍ର ଜଳର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 1·025 । ଜଳ ପୃଷ୍ଠର 10 ଫୁଟ ଗଭୀରତାରେ ଚାପର ପରିମାଣ ବର୍ଗ ଫୁଟ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଏକ ଘନଫୁଟ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 62·5 ପାଉଣ୍ଡ)

(ଉ: 640·625 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ବର୍ଗଫୁଟ)

8. ଉଦଚାଳିତ ଚାପ ଯନ୍ତ୍ର (Hydraulic Press) ର ଗଠନ ଓ କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ଚିତ୍ର ସହ ବର୍ଣ୍ଣନ କର । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ସୁବିଧା କେତେ ?

ଯନ୍ତ୍ରର କ୍ଷୁଦ୍ର ପିଷ୍ଟନ୍ ପ୍ରତି 50 କିଲୋଗ୍ରାମ୍ ଓଜନର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରଗଲ । ବୃହତ୍ ପିଷ୍ଟନ୍‌ରେ ନିହିତ ବଳର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । କ୍ଷୁଦ୍ର ପିଷ୍ଟନ୍ ମୁଣ୍ଡର ବ୍ୟାସ 2 ସେ:ମି: ଓ ବୃହତ୍ ପିଷ୍ଟନ୍ ମୁଣ୍ଡର ବ୍ୟାସ 10 ସେ:ମି: ଅଟେ ।

(ଉ: 1250 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ)

9· ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟଞ୍ଜକ (Expression) ନିର୍ଗମନ କର ।

10· ଗୋଟିଏ ବର୍ଗ ଘନାକାର (Cubical) ପାତ୍ରରେ 10 ସେ:ମି: ଗଭୀରତାର ଜଳ ରହିଛି । ପୁଣି ଜଳଉପରେ 0·8 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ 20 ସେ:ମି: ଗଭୀରତାର ତେଲ ରହିଛି ପାତ୍ରର ନିମ୍ନତଳର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉ. 26 ଗ୍ରାମ ଓଜନ/ବର୍ଗ ସେ:ମି:)

11· କୌଣସି ଆଧାର ଉପରେ କଂକ୍ରିଟ କାନ୍ଥ ନିର୍ମାଣ କଲବେଳେ 30·0 ଫୁଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 15·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚର ଗୋଟିଏ ଆକାର ନିର୍ମାଣ କରଗଲ । ମାଟି, କାନ୍ଥ ଓ ଆକାର ମଧ୍ୟରେ 6·0 ଇଞ୍ଚର ଏକ ଫାଙ୍କ ରହିଛି ଅସରଏ ବର୍ଷାରେ 6.0 ଇଞ୍ଚ ଫାଙ୍କଟି 8·0 ଫୁଟ ଗଭୀରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଗଲ । ଆକାର ଉପରେ ନିହିତ ବଳର ପରିମାଣ କେତେ ? (ଉ : 60,000 ପାଉଣ୍ଡ)

12· କୌଣସି ଗ୍ୟାରେଜ୍ (Garage) ରେ ଗୋଟିଏ ଉଦ୍‌ଗ୍ଲିତ ଉତ୍ତୋଳନ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଗ୍ଲନ କରିବା ସକାଶେ 75 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚପ୍ରତି ବଳ ସହରର ଜଳ ଯୋଗାଣ ପ୍ରଧାନ ନଳୀରୁ ବ୍ୟବହାର କରାଗଲା, ପିଷ୍ଟନ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 1·50 ବର୍ଗଫୁଟ ହୋଇଥିଲେ, ପୁଣି ଯନ୍ତ୍ରର ଦକ୍ଷତା ଶତକଡ଼ା 90 ହୋଇଥିଲେ, ଉତ୍ତୋଳିତ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଭାରର ପରିମାଣ କେତେ ? (ଉ: 7·3 ଟନ୍)

13. କୌଣସି ଉଦ୍‌ଗ୍ଲିତ ଗ୍ୟାସ ଯନ୍ତ୍ରର ପିଷ୍ଟନ୍ ଦୁଇଟିର ବ୍ୟାସ 1·0 ଫୁଟ ଓ 1·0 ଇଞ୍ଚ (କ) କ୍ଷୁଦ୍ର ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରେ 56.0 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ରଖିଲେ, ବୃହତ୍ ପିଷ୍ଟନ୍ କେତେ ପରିମାଣରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବ ? (ଖ) କ୍ଷୁଦ୍ର ପିଷ୍ଟନ୍ ଥରକେ 1·5 ଇଞ୍ଚଗଲେ, 10 ଟି ଥରରେ ବୃହତ୍ ପିଷ୍ଟନ୍‌ଟି କେତେଦୂର ଗତି କରିଥିବ ?

(ଉ : 8064 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ; $\frac{5}{48}$ ଇଞ୍ଚ)

ପଞ୍ଚଦଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ଆର୍କିମିଡ଼ସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର

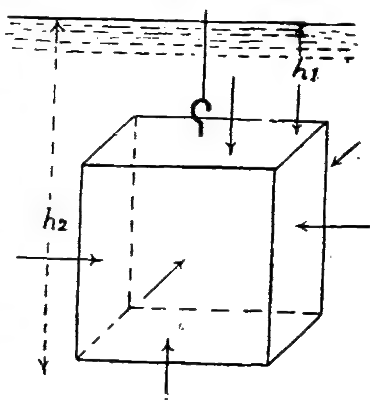
(Principle of Archimedes)

ପୋଖରୀରେ ଗାଧୋଇବା ବେଳେ ଜଳରେ ବୁଡ଼ି ରହିଲେ ଆମେ ଅନୁଭବ କରୁଁ ଯେ ଆମକୁ କିଏ ଉପରକୁ ଠେଲୁଛି କୁଅରୁ ଜଳକାଢିବା ବେଳେ ଜଳପାତ୍ରଟି ଯେତେବେଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳ ଭିତରେ ଥାଏ, ସେତେବେଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାହା ହାଲୁକା ଲଗେ । କିନ୍ତୁ ପାତ୍ରଟି ଜଳଭିତରୁ ବାହାରିଲ କ୍ଷଣି ଭରି ଲଗେ । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଜଳ କିମ୍ବା ଅନ୍ୟ କୌଣସି ତରଳପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ିଲେ ବସ୍ତୁ ଟି କିଛି ଓଜନ ହରାଇଲ ପରି ବୋଧ ହୁଏ । ବସ୍ତୁଟି ଯେଉଁ ଓଜନ ହରାଇଛି ତାର ପରିମାଣ ନିରୂପଣ କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ସୂତ୍ର ଅଛି । ତାହା ଆର୍କିମିଡ଼ିସଙ୍କ ସୂତ୍ର ନାମରେ ପରିଚିତ । ଏହି ସୂତ୍ରଟି ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍ ପ୍ରାୟ ଅଢ଼େଇ ହଜାର ବର୍ଷ ପୂର୍ବେ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ।

15.1 ଆର୍କିମିଡ଼ସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର:

କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ସ୍ଥିର ଜଳ କମ୍ବା ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବା ଆଂଶିକ-ଭାବରେ ବୁଡ଼ାଇଲେ ବସ୍ତୁଟି କଛୁ ଓଜନ ହରାଇଲପରି ମନେହୁଏ । ବସ୍ତୁ ଆଭାସୀ (apparent) ଭାବରେ ହରାଇବା ଓଜନ ତାହାଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ଜଳ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ।

ନିମ୍ନ ବିଚାରରୁ ଏହି ସୂତ୍ରର ପ୍ରମାଣ କରାଯାଇ ପାରିବ : ମନେକର ଗୋଟିଏ ଘନାକାର (Cubical) ବସ୍ତୁ କୌଣସି ତରଳପଦାର୍ଥରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ବୁଡ଼ି ରହିଛି (83 ନଂ ଚିତ୍ର ଦେଖ) ତାହାର ଚାରିଗୋଟି ତଳ (Face) ଅଭିଲମ୍ବ ଭାବେ (Vertically) ରହିଛି । ବସ୍ତୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପୃଷ୍ଠରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଯେଉଁ ଚାପ ପଡ଼େ ତାହା ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହୋଇ (Normal) ପଡ଼େ । ବସ୍ତୁଟିର ପରସ୍ପରପ୍ରତି ସମ୍ମୁଖୀନ ଦୁଇଗୋଟି ଅଭିଲମ୍ବ ପୃଷ୍ଠରେ ନିହିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବଳ (Thrust) ସମାନ ପରିମାଣର ହୋଇଥିବା ଯୋଗୁଁ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିତୋଳନ (Cancel) କରନ୍ତି । ଘନାକାର ବସ୍ତୁର ନିମ୍ନ ପୃଷ୍ଠରେ ନିହିତ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ (Upward Force) ର ପରିମାଣ$=Ah_2\ dg$ (ଘନାକାର ବସ୍ତୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପୃଷ୍ଠର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା d) ।



(ଚିତ୍ର 83)

ସେହିଭଳି ତାର ଉପର ପୃଷ୍ଠରେ ନିହିତ ନିମ୍ନବଳ (Downward Force)ର ପରିମାଣ$=Ah_1dg$ ·

ସୁତରାଂ ଘନାକାର ବସ୍ତୁ ଉପରେ ନିହିତ ତରଳପଦାର୍ଥର ପରିଣାମୀ ବଳ (Resultant force) $=Adg\ (h_2-h_1)$ $=$ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ ।

କିନ୍ତୁ ଘନକାର ବସ୍ତୁର ଆୟତନ (Volume) $=A\ (h_2-h_1)$ ସମଆୟତନ ତରଳପଦାର୍ଥର ଓଜନ $=Adg\ (h_2-h_1)$ ଅଟେ ।

ସୁତରାଂ ଘନକାର ବସ୍ତୁ ଉପରେ ନିହିତ ତରଳପଦାର୍ଥର ପରିଣାମୀ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ=ବସ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ତରଳପଦାର୍ଥର ଓଜନ ।

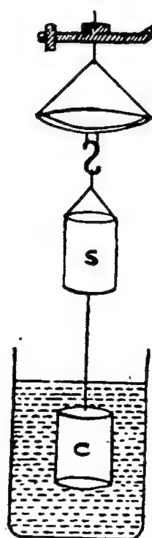
ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ବୁଡ଼ି ରହିଥିବା ଯେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ପ୍ରତି ତରଳପଦାର୍ଥ ଏହି ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ । ଏହି ପରିଣାମୀ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ (Resultant upward force) କୁ ତରଳପଦାର୍ଥର ପ୍ଲବତା (Buoyancy) କୁହାଯାଏ ।

ଏହି ପ୍ଲବତା ବ୍ୟତୀତ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଆଉ ଗୋଟିଏ ବଳ ମଧ୍ୟ ନିହିତ ଥାଏ । ସେହି ବଳଟି ହେଲା ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ (weight) । ଓଜନ ବସ୍ତୁକୁ ତଳକୁ ଟାଣେ । ଯଦି ବସ୍ତୁର ଓଜନ W ହୁଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ନିହିତ ସମୁଦାୟ ପରିଣାମୀ ବଳ (Total Resultant thrust) ର ପରିମାଣ $[W-Adg\ (h_2-h_1)]$ ସୁତରାଂ କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ କୌଣସି ତରଳପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ାଇବା ଫଳ ହେଉଛି ଏହି ଯେ ବସ୍ତୁଟି ତରଳପଦାର୍ଥରେ ନିଜ ଓଜନର କିୟଦଂଶ ହରାଏ; ପୁଣି ଏହି ହରାଇବା ଓଜନ ତାହାଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ତରଳପଦାର୍ଥର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ । ସ୍ଥିର ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ିବା ବସ୍ତୁ କାହିଁକି ଓଜନ ହରାଏ ଏବେ ବୁଝାପଡ଼ିଲା ।

ଆର୍କିମିଡିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ରର ସତ୍ୟତା ପରୀକ୍ଷା

ପରୀକ୍ଷା :

ଏହି ସୂତ୍ରର ସତ୍ୟତା ପରୀକ୍ଷା କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ଉତ୍‌ପ୍ଲାବନ ତୁଳାଯନ୍ତ୍ର (Hydrostatic Balance) ନିଆଯାଏ । ଏହି ତୁଳାଯନ୍ତ୍ରର ଗୋଟିଏ ପାଖରେ ଆଙ୍କୁଡ଼ା (Hook) ଲାଗିଥାଏ । ଆଙ୍କୁଡ଼ାରେ ଗୋଟିଏ ଧାତୁନିର୍ମିତ ପୋଲ ସ୍ତମ୍ଭକ (Hollow cylinder or socket) ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ । (ଚିତ୍ର 84 ଦେଖ)



(ଚିତ୍ର 84)

ତା'ପରେ ପୋଲ ସିଲିଣ୍ଡର ଆଙ୍କୁଡ଼ାରୁ ଗୋଟିଏ ଧାତୁ ନିର୍ମିତ ନିଦା ସ୍ତମ୍ଭକ ଝୁଲାଇ ରଖାଯାଏ । ପୋଲ ଓ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର ଦୁଇଟି ଏପରି ଭାବରେ ତିଆରି ହୋଇଥାଏ ଯେ ପୋଲ ସ୍ତମ୍ଭକର ଭିତର ପାଖର ଆୟତନ ନିଦା ସ୍ତମ୍ଭକର ଆୟତନ ସହିତ ସମାନ ଥାଏ । ତାପରେ ତୁଳାଯନ୍ତ୍ରର ଅନ୍ୟ ପଲାରେ ବଟକରା ରଖି ସିଲିଣ୍ଡର ଦୁଇଟିର ଓଜନ ସହ ସମତୁଲ (Counterpoise) କରାଯାଏ । ଏହାପରେ ଗୋଟିଏ ବିକର୍‌ରେ ଜଳ ନେଇ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡରଟିକୁ ଜଳରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ରୂପେ ଏପରିଭାବରେ ବୁଡ଼ାଇ ରଖାଯାଏ ଯେ ସିଲିଣ୍ଡରଟି ବିକର୍‌ର କୌଣସି ଅଂଶକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରେ ନାହିଁ । ଏବେ ଦେଖାଯିବଯେ ତୁଳାଯନ୍ତ୍ରର ଦୁଇ ପାଖ ଆଉ ସମତୁଲ (Equilibrium) ହୋଇରହୁନାହିଁ । ବଟକରା ଥିବା ପାଖଟି ତଳକୁ ଖସି ଯାଉଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ୍ ପିପେଟ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ପୋଲ ସିଲିଣ୍ଡରରେ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ କର । ଦେଖିବ ଯନ୍ତ୍ରର ସିଲିଣ୍ଡର ପାଖଟି ଆସ୍ତେଆସ୍ତେ ତଳକୁ ଯାଉଛି । ସିଲିଣ୍ଡରଟି ଠିକ୍ ଯେତେବେଳେ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଯିବ, ସେତେବେଳେ ଦେଖାଯିବ ଯେ ତୁଳାଯନ୍ତ୍ରର ଦୁଇପାଖର ଭାରସାମ୍ୟ ଫେରି ଆସିଛି । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ଜଳମଗ୍ନ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡରଟି

ଜଳରେ ଯେତିକି ଓଜନ ହରାଇଲା ତାହା ପୋଲ ସିଲିଣ୍ଡର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ । କିନ୍ତୁ ପୋଲ ସିଲିଣ୍ଡର ଭିତର ପାଖର ଆୟତନ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର ଆୟତନ ସହିତ ସମାନ । ତେଣୁ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡରର ଆୟତନ ଯେତେ, ପୋଲ ସିଲିଣ୍ଡର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳର ଆୟତନ ଠିକ୍ ସେତିକି; ଅର୍ଥାତ୍ ଜଳମଗ୍ନ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର ହରାଇଥିବା ଓଜନ ସମ ଆୟତନ ଜଳର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ । ଏହା ହେଲା ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ରର ସତ୍ୟତାର ପ୍ରମାଣ ।

ଉପରୋକ୍ତ ପରୀକ୍ଷାରେ ଜଳ ପରିବର୍ତ୍ତେ କିରସିନି କିମ୍ବା ଯେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ନେଇ ପରୀକ୍ଷା କଲେ ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ମିଳିବ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତୁଳା ଯନ୍ତ୍ରର ଦୁଇପାଖର ଭାରସାମ୍ୟ ରକ୍ଷା କରିବା ସକାଶେ ପୋଲ ସିଲିଣ୍ଡରଟିକୁ ଉକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପୂର୍ଣ୍ଣକରିବାକୁ ହେବ ।

15.2 ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ରଦ୍ୱାରା ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

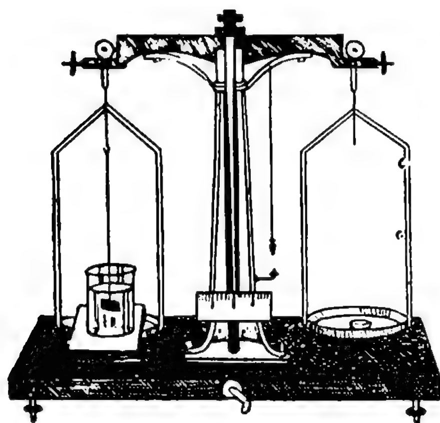
$$\text{କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା} = \frac{\text{ପଦାର୍ଥର ଓଜନ}}{\text{ସମ ଆୟତନ ଜଳର ଓଜନ}}$$

(a) ଜଳଠାରୁ ଭାରି କୌଣସି ଅଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ପରୀକ୍ଷା :

ପ୍ରଦତ୍ତ କଠିନ ବସ୍ତୁକୁ ଖଣ୍ଡେ ପତଳା ସୂତାରେ ବାନ୍ଧି ତୁଳାଯନ୍ତ୍ରର ବାମପାଖ ଆଙ୍କୁଡ଼ାରୁ ଝୁଲାଇ ଦିଅ । ଡ଼ାହାଣ ପାଖ ପଲାରେ ବଟକରା ପକାଇ ବାୟୁରେ ପଦାର୍ଥଟିର ଓଜନ w_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ଉଦସ୍ଥିତି ବେଞ୍ଚ (Hydrostatic Bench) ନେଇ ବାମପାଖ ପଲା ଉପରେ ଏପରି ଭାବରେ ରଖିବ ଯେ ବେଞ୍ଚଟି ପଲାର କୌଣସି ଅଂଶକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରିବ ନାହିଁ (ଚିତ୍ର ନଂ 85 ଦେଖ) ପୁଣି ତୁଳାଯନ୍ତ୍ରର ଦଣ୍ଡ ଉଠାଇଲେ ପଲାଟି ଅନାୟାସରେ ଉପରକୁ ତଳକୁ ଗତି କରି ପାରିବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଗୋଟିଏ ବିକର୍‌ରେ ଜଳ ନେଇ ବେଞ୍ଚ ଉପରେ ରଖ । କଠିନ ବସ୍ତୁକୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ତଳକୁ ଖସାଅ ଯେପରି ତାହା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବେ ବିକର୍ ଜଳରେ ବୁଡ଼ି ରହିବ ଏବଂ ବିକର୍‌ର କୌଣସି ଅଂଶକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରିବ ନାହିଁ । ଦେଖିବ ବସ୍ତୁରେ ଯେପରି ବାୟୁ ବୁଦ୍ ବୁଦ୍ ଲାଗି ରହିବ ନାହିଁ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଜଳରେ ବସ୍ତୁର ଓଜନ w_2 ବାହାର କର । ତେବେ ବସ୍ତୁଟି ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ $= w_1 - w_2$ ।



(ଚିତ୍ର 85)

$$\text{ସୁତରାଂ ବସ୍ତୁଟିର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା} = \frac{w_1}{w_1 - w_2}$$

(b) ଜଳଠାରୁ ହାଲୁକା କୌଣସି କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ପରୀକ୍ଷା :

କଠିନ ବସ୍ତୁଟି ଖଣ୍ଡେ କାଠ କିମ୍ବା ସୋଲ (Cork) କିମ୍ବା ପାରଫିନ୍ ମହମ (Paraffin wax) ହୋଇଥାଇ ପାରେ । ପ୍ରଥମେ ପଦାର୍ଥଟିକୁ ବାୟୁରେ ଓଜନ କରି ତାର ଓଜନ w_1 ଟିପି ରଖ । ତା ପରେ ପଦାର୍ଥଟିକୁ ଖଣ୍ଡେ ସରୁ ସୂତାରେ ଗୋଟିଏ ନିମଜ୍ଜ୍ୟ ବସ୍ତୁ (Sinker) ସହିତ ବାନ୍ଧି ଦେଇ, ଉଭୟକୁ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇ ରଖି ଉଭୟର ଜଳରେ ଓଜନ w_2 ବାହାର କର । (ନିମଜ୍ଜ୍ୟବସ୍ତୁ ହେଉଛି ଏକ ଭରି ଜିନିଷ ଯାହାକୁ ହାଲୁକା ଜିନିଷ ସହିତ ବାନ୍ଧି ଦେଲେ ଉଭୟେ ଜଳରେ ବୁଡ଼ିଯାନ୍ତି) । ତାପରେ ହାଲୁକା କଠିନ ପଦାର୍ଥଟିକୁ ନିମଜ୍ଜ୍ୟ ବସ୍ତୁ ଠାରୁ ଅଲଗା କରିଦେଇ କେବଳ ନିମଜ୍ଜ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଜଳରେ ଓଜନ w_3 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏଠାରେ—

ବାୟୁରେ ହାଲୁକା ପଦାର୍ଥର ଓଜନ $= w_1$

ହାଲୁକା ପଦାର୍ଥ ଓ ନିମଜ୍ଜ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଜଳରେ ଓଜନ $= w_2$

ଜଳରେ ନିମଜ୍ଜ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଓଜନ $= w_3$

ଜଳରେ ହାଲୁକା ପଦାର୍ଥର ଓଜନ $= w_2 - w_3$

ହାଲୁକା ପଦାର୍ଥ ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ $= w_1 - (w_2 - w_3)$

$= w_1 - w_2 + w_3$

ହାଲୁକା ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $= \dfrac{w_1}{w_1 - w_2 + w_3}$

(ଟିପ୍‌ପଣୀ :—ଏଠାରେ ହାଲୁକା ପଦାର୍ଥଟିର ଜଳରେ ଓଜନ ଏକ ବିଯୁକ୍ତ ସଂଖ୍ୟା ହେବ, କାରଣ ପଦାର୍ଥଟି ଜଳଠାରୁ ହାଲୁକା ଓ ତା ଉପରେ ନିହିତ ଜଳର ପ୍ଳବତା ତାହାର ଓଜନ ଠାରୁ ବେଶୀ)

(c) ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ପରୀକ୍ଷା :

ପ୍ରଥମେ ପ୍ରଦତ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଓ ସେଥିରେ ଏବଂ ଜଳରେ ବୁଡ଼ି ଯାଉଥିବା କୌଣସି ଅଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ବସ୍ତୁଟିଏ ନେଇ ବାୟୁରେ କଠିନ ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ w_1 ନିଅ । ତତ୍‌ପରେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପରିମାଣର ଜଳ ଗୋଟିଏ ବିକର୍‌ରେ ନେଇ ଜଳରେ ତାର ଓଜନ w_2 ବାହାର କର । ଶେଷରେ କଠିନ ବସ୍ତୁଟିକୁ ପ୍ରଦତ୍ତ ତରଳପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ାଇ ସେଥିରେ ତାର ଓଜନ w_3 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ କଠିନ ବସ୍ତୁଟି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ହରାଇବା ଓଜନ $= w_1 - w_3$ ଓ ତାହାର ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ $= w_1 - w_2$

ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ କଠିନ ବସ୍ତୁ ଆଉସରେ ହରାଇବା ଓଜନ ତାହାର ସମଆୟତନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ।

ସୁତରାଂ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $= \dfrac{\text{ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ}}{\text{ସମଆୟତନ ଜଳର ଓଜନ}}$

$= \dfrac{\text{କଠିନ ବସ୍ତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}{\text{ସେହି ବସ୍ତୁ ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}$

$= \dfrac{w_1 - w_3}{w_1 - w_2}$

(d) ଜଳରେ ଦ୍ରବଣୀୟ କୌଣସି କଠିନ ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ପରୀକ୍ଷା :

ଏହି ଧରଣର କଠିନ ପଦାର୍ଥ ହେଉଛି ମିଶ୍ରି, ତୁତିଆ, ଫିଟିକିରି ପ୍ରଭୃତି ପଦାର୍ଥରୁ ଖଣ୍ଡେ ନେଇ ପ୍ରଥମେ ତାହାର ଓଜନ ବାୟୁରେ ଓ ତାପରେ ତାହା ଦ୍ରବୁ ନ ଥିବା କୌଣସି ତରଳପଦାର୍ଥରେ ବାହାର କର । ତା'ପରେ (a) ପରୀକ୍ଷାରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପ୍ରଣାଳୀରେ ତରଳପଦାର୍ଥ ପ୍ରତି ତା'ର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଶେଷରେ ଏହି ପରୀକ୍ଷାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (c) ପରୀକ୍ଷାରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପ୍ରଣାଳୀରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ପରିଶେଷରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରତି ଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଗୁଣନ କଲେ ଗୁଣଫଳ ଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରକୃତ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ହେବ, କାରଣ—
ଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା

$$= \frac{\text{V ଘନ ସେ:ମି: ପରିମାଣ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ}}{\text{V ଘନ ସେ:ମି: ପରିମାଣ ଜଳର ଓଜନ}}$$

$$= \frac{\text{V ଘନସେ:ମି: ପରିମାଣ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ}}{\text{V ଘନସେ:ମି: ପରିମାଣ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ}}$$

$$\times \frac{\text{V ଘନସେ:ମି: ପରିମାଣ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ}}{\text{V ଘନସେ:ମି: ପରିମାଣ ଜଳର ଓଜନ}}$$

=ଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରତି ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ×ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଜଳପ୍ରତି ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ।

ଉଦାହରଣ :

(1) ବାୟୁରେ ଖଣ୍ଡେ ପଥରର ଓଜନ 65 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ 40 ଗ୍ରାମ୍ । ପଥରର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କେତେ ?

ବାୟୁରେ ପଥରଟିର ଓଜନ=65 ଗ୍ରାମ୍
ଜଳରେ ପଥରଟିର ଓଜନ=40 ଗ୍ରାମ୍
ପଥରଟି ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ=65—40
" =25 ଗ୍ରାମ୍

ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ ପଥରର ଆପେକ୍ଷିକ

$$\text{ସାନ୍ଦ୍ରତା} = \frac{\text{ବାୟୁରେ ପଥର ଖଣ୍ଡଟିର ଓଜନ}}{\text{ପଥର ଖଣ୍ଡଟି ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}$$

$$= \frac{65}{25} = 2 \cdot 6$$

(2) ଗୋଟିଏ ଧାତବ ସିଲିଣ୍ଡର ବାୟୁରେ ଓଜନ 83·2 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 63·2 ଗ୍ରାମ୍ । କୌଣସି ଦ୍ରବଣରେ ତାର ଓଜନ 61·2 ଗ୍ରାମ୍ । ଦ୍ରବଣର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସିଲିଣ୍ଡର ଜଳରେ ହରାଇଥିବା ଓଜନ
=ବାୟୁରେ ତାହାର ଓଜନ—ଜଳରେ ତାହାର ଓଜନ
=83·2 ଗ୍ରାମ୍—63·2 ଗ୍ରାମ୍=20·00 ଗ୍ରାମ୍
∴ ଲବଣକର ଦ୍ରବଣରେ ହରାଇଥିବା ଓଜନ=83·2—61·2=22·00 ଗ୍ରାମ୍
∴ ଦ୍ରବଣର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା

$$=\frac{\text{ଦ୍ରବଣରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}{\text{ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}=\frac{22\cdot00 \text{ ଗ୍ରାମ୍}}{20\cdot00 \text{ ଗ୍ରାମ୍}}=1\cdot10$$

(3) ନିମ୍ନ ମାପଗୁଡ଼ିକରୁ କର୍କ (Cork)ର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର :
ବାୟୁରେ କର୍କର ଓଜନ=2·3 ଗ୍ରାମ୍
ଜଳରେ ଉଭୟ କର୍କ ଓ ନିମଜ୍ଜ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଓଜନ=13·8 ଗ୍ରାମ୍
ଜଳରେ କେବଳ ନିମଜ୍ଜ୍ୟବସ୍ତୁର ଓଜନ=19·5 ଗ୍ରାମ୍
ଜଳରେ କର୍କର ଓଜନ=ବାୟୁରେ ଓଜନ—ଜଳରେ ଓଜନ
=13·8 ଗ୍ରାମ୍—19·5 ଗ୍ରାମ=—5·7 ଗ୍ରାମ୍
କର୍କ ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ=2·3 ଗ୍ରାମ୍—(—5·7) ଗ୍ରାମ୍=8·00 ଗ୍ରାମ୍

$$\therefore \text{ କର୍କର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା}=\frac{\text{ବାୟୁରେ ଓଜନ}}{\text{ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}$$

$$=\frac{2\cdot3}{8}=0\cdot2875$$

(4) ବାୟୁରେ ଖଣ୍ଡେ ତୁତିଆର ଓଜନ 33·33 ଗ୍ରାମ୍ ଓ 0·8 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ କିରସିନିରେ ତାହାର ଓଜନ 23·3 ଗ୍ରାମ୍ । ତୁତିଆର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କେତେ ?
ବାୟୁରେ ତୁତିଆ ଖଣ୍ଡଟିର ଓଜନ=33-33 ଗ୍ରାମ୍
କିରସିନିରେ ତୁତିଆ ଖଣ୍ଡଟିର ଓଜନ=23·33 ଗ୍ରାମ୍
ତୁତିଆ କିରସିନିରେ ହରାଇବା ଓଜନ=33·33 ଗ୍ରାମ୍
—23·33 ଗ୍ରାମ=10·00 ଗ୍ରାମ୍
∴ ତୁତିଆର କିରସିନି ପ୍ରତି ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା

$$=\frac{\text{ବାୟୁର ଓଜନ}}{\text{କିରସିନିରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}$$

$$=\frac{33\cdot33 \text{ ଗ୍ରାମ୍}}{10 \text{ ଗ୍ରାମ୍}}=3\cdot333$$

ତୁତିଆର ଜଳପ୍ରତି ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା=3·333 ×0·8=2·6664 ବା 2·67

(5) ଘନସେ:ମି: ପ୍ରତି 0·6 ଗ୍ରାମ୍ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ 40 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଖଣ୍ଡେ ସୋଲ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଏକ କୁଣ୍ଡର ତଳଦେଶ ସହିତ ଖଣ୍ଡେ ରଜ୍ଜୁଦ୍ୱାରା ବନ୍ଧା ହୋଇ ରହିଛି । ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା 0 8 ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି:; ସୋଲ ଖଣ୍ଡିକ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣରୂପେ ବୁଡ଼ି ରହିଥିଲେ ରଜ୍ଜୁଟିରେ ନିହିତ ଟାଣବଳ (Tension) କେତେ ?
ସୋଲର ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ଓଜନ=40 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ

$$\text{ସୋଲର ଆୟତନ}=\frac{\text{ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}{\text{ସାନ୍ଦ୍ରତା}}=\frac{40}{0\cdot6}=66\cdot\frac{2}{3} \text{ ଘନ ସେ:ମି:}$$

ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ $=66\cdot\frac{2}{3}$ ଘନ ସେ:ମି: ସୋଲ ଉପରେ ନିହିତ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ=ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ $=6\cdot\cdot\frac{2}{3}\times 0\cdot 8=53\cdot 34$ ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ

∴ ସୋଲ ଉପରେ ନିହିତ ପରିଣାମୀ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ (Resultant upthrust)

=ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ—ସୋଲର ଓଜନ

$=53\cdot 34-40=13\cdot 34$ ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ

ସୁତରାଂ ରଜ୍ଜୁରେ ନିହିତ ଟାଣ ବଳ=ସୋଲ ଉପରେ ନିହିତ ପରିଣାମୀ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ $=13\cdot 34$ ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ ।

(6) ତମ୍ବା ଓ ଦସ୍ତାର ଖଣ୍ଡେ ମିଶ୍ରଧାତୁ (Alloy)ର ବାୟୁରେ ଓଜନ 12·93 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 11·43 ଗ୍ରାମ୍ । ତାହାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ମିଶ୍ର ଧାତୁରେ ଥିବା ତମ୍ବା ଓ ଦସ୍ତାର ଶତକଡ଼ା ଅଂଶ (କ) ଓଜନରେ (ଖ) ଆୟତନରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ବାୟୁରେ ମିଶ୍ରଧାତୁ ଖଣ୍ଡଟିର ଓଜନ=12·93 ଗ୍ରାମ

ଜଳରେ ତାହାର ଓଜନ=11·43 ଗ୍ରାମ୍

ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ=12·93 ଗ୍ରାମ୍—11·43 ଗ୍ରାମ୍

=1·5 ଗ୍ରାମ୍

∴ ମିଶ୍ର ଧାତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $=\frac{12\cdot 93}{1\cdot 5}=8\cdot 62\ldots\ldots(1)$

(କ) ମନେକର 100 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ମିଶ୍ରଧାତୁରେ ତମ୍ବାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ଗାମ୍

ମିଶ୍ରଧାତୁରେ ଥିବା ତମ୍ବାର ଆୟତନ $=\frac{\text{ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}{\text{ସାନ୍ଦ୍ରତା}}=\frac{m}{8\cdot 9}$ ଘନ ସେ:ମି:

ମିଶ୍ରଧାତୁରେ ଥିବା ଦସ୍ତାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ=(100—m) ଗ୍ରାମ୍

ମିଶ୍ର ଧାତୁରେ ଥିବା ଦସ୍ତାର ଆୟତନ $=\frac{100-m}{7\cdot 1}$ ଘନ ସେ:ମି

∴ ମିଶ୍ର ଧାତୁର ସମୁଦାୟ ଆୟତନ $=\frac{m}{8\cdot 9}+\frac{100-m}{7\cdot 1}$ ଘନ ସେ:ମି

∴ ମିଶ୍ର ଧାତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା $=\dfrac{100}{\frac{m}{8\cdot 9}+\frac{100-m}{7\cdot 1}}$ ………… (2)

∴ (1) ଓ (2)ରୁ $\dfrac{100}{\frac{m}{8\cdot 9}+\frac{100-m}{7\cdot 1}}=8\cdot 62$

ସରଳ କଲେ $m=87\cdot 18$ ଗ୍ରାମ୍ .

∴ ମିଶ୍ର ଧାତୁ ଖଣ୍ଡଟିରେ ଓଜନରେ ତମ୍ବାର ଅଂଶ 87·18% ଓ ଦସ୍ତାର ଅଂଶ 12·82%

(ଖ) ମନେକର 100 ଘନ ସେ:ମି ଆୟତନର ମିଶ୍ର ଧାତୁରେ ତମ୍ବାର ଆୟତନ V ଘନ ସେ:ମି.

ମିଶ୍ର ଧାତୁରେ ଥିବା ତମ୍ବାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= V \times 8{\cdot}9$ ଗ୍ରାମ

ମିଶ୍ର ଧାତୁରେ ଥିବା ଦସ୍ତାର ଆୟତନ $= 100 - V$ ଘନ ସେ:ମି

ମିଶ୍ରଧାତୁରେ ଥିବା ଦସ୍ତାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= (100 - v) \times 7{\cdot}1$ ଗ୍ରାମ୍

$\therefore$ ମିଶ୍ରଧାତୁ ଖଣ୍ଡର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= v \times 8{\cdot}9 + (100 - v) \times 7{\cdot}1$ ......(3)

କିନ୍ତୁ (1) ରୁ ମିଶ୍ରଧାତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ଗୁରୁତ୍ୱ $= 8{\cdot}62$

$\therefore$ ମିଶ୍ରଧାତୁ ଖଣ୍ଡର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $=$ ଆୟତନ $\times$ ସାନ୍ଦ୍ରତା $= 100 \times 8{\cdot}62$

$= 862$ ଗ୍ରାମ୍ ......(4)

(3) ଓ (4) ରୁ $v \times 8{\cdot}9 + (100 - v) \times 7{\cdot}1 = 862$

ଅର୍ଥାତ୍ $8{\cdot}9\,v + 710 - 7{\cdot}1v = 862$

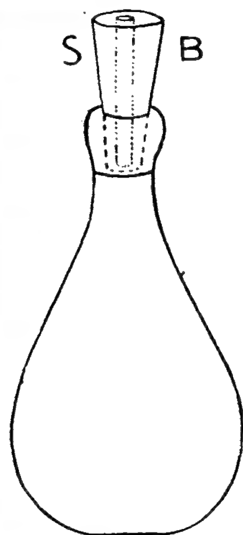
ବା $1{\cdot}8\,v = 862 - 710 = 152$

$$\therefore V = \frac{152}{1{\cdot}8} = 84{\cdot}44 \text{ ଘନ ସେ:ମି:}$$

ସୁତରାଂ ମିଶ୍ରଧାତୁ ଖଣ୍ଡଟିରେ ଆୟତନରେ ତମ୍ବାର ଅଂଶ 84·44% ଓ ଦସ୍ତାର ଅଂଶ 15·56% ।

15·3 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ମାପକ ବୋତଲ (Specific gravity Bottle) :

ଏହି ବୋତଲଟିକୁ ସାନ୍ଦ୍ରପାତ୍ର ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ଏହା ସାଧାରଣତଃ 25 କିମ୍ବା 50 ଘନ ସେ:ମି: ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କାଚ ନିର୍ମିତ ବୋତଲ ଅଟେ । ଏହାର ଗୋଟିଏ ଘର୍ଷିତ କାଚ ଠିପି (Ground glass stopper), S ଥାଏ । ଏହି ଠିପି ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଛିଦ୍ର B ଥାଏ । (ଚିତ୍ର 86 ଦେଖ) ବୋତଲଟିକୁ ଜଳ କିମ୍ବା ଯେକୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପୂର୍ଣ୍ଣକରି ଠିପିଟି ଲଗାଇଦେଲେ ବଳକା ଜଳ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଠିପିର ଛିଦ୍ର ଦେଇ ପଦାକୁ ବାହାରି ଯାଏ । ତଦ୍ୱାର ବୋତଲ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଜଳ କିମ୍ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ ସର୍ବଦା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଥାଏ । ଏହି ବୋତଲ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଏବଂ ସୀସାଗୁଳି, ବାଲି, ଚିନି ପ୍ରଭୃତି ଛୋଟ ଛୋଟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଚକ୍ (Chalk) ଗୁଣ୍ଡ ଭଳି ଗୁଣ୍ଡ ପଦାର୍ଥର ମଧ୍ୟ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏହି ବୋତଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।



(ଚିତ୍ର 86)

(a) ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ପରୀକ୍ଷା :—ପ୍ରଥମେ ପରିଷ୍କାର ଓ ଶୁଖିଲା ଥିବା ଶୂନ୍ୟ ବୋତଲଟିକୁ ନେଇ ଠିପି ସହ ତରାଜୁରେ ଓଜନ କର । ଏହି ଓଜନ W_1 ଲେଖି ରଖ । ତାପରେ ଏହି ବୋତଲରେ ଜଳ ପୂର୍ଣ୍ଣକରି ଠିପି ଲଗାଇ ଦିଅ । ବଳକା ଜଳ ଠିପିର ଛିଦ୍ର ଦେଇ ପଦାକୁ

ବାହାରି ଆସିବ । ଏବେ ବୋତଲର ବାହାର ପାଖଟି କନାରେ ପୋଛିଦେଇ ତାହାର ଓଜନ W_2 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏହି ଓଜନରୁ ଶୂନ୍ୟ ବୋତଲର ଓଜନ ବାଦଦେଲେ ବୋତଲ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳର ଓଜନ ଆସିଯିବ । ତାହାହେଲା $W_2—W_1$ । ତାପରେ ବୋତଲରୁ ଜଳ କାଢ଼ି ନେଇ ତାକୁ ସଫା କରି ଶୁଖାଇ ଦିଅ । ତାପରେ ଯେଉଁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ ତାହାଦ୍ୱାରା ପାତ୍ରଟିକୁ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରି ପୂର୍ବପରି ଠିପି ଲଗାଇ ଦିଅ । ବୋତଲର ପଦାକୁ ବାହାରି ଆସିଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ କନାରେ ପୋଛିଦେଇ ବୋତଲର ଓଜନ W_3 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ବୋତଲ ପୂର୍ଣ୍ଣ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ହେଲା $W_3—W_1$ । ବୋତଲ ପୂର୍ଣ୍ଣ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନକୁ ବୋତଲ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳର ଓଜନ ଦ୍ୱାରା ଭାଗକଲେ ଭାଗଫଳ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ହେବ ।

ଅର୍ଥାତ୍ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $= \dfrac{W_3—W_1}{W_2—W_1}$

(b) ସୀସାଗୁଳି ଭଳି ଭଗ୍ନଖଣ୍ଡ (Fragment) ଆକାରର ଅଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ପରୀକ୍ଷା :—ପ୍ରଥମେ ପରିଷ୍କାର, ଶୁଷ୍କ ଓ ଶୂନ୍ୟ ବୋତଲଟିକୁ ଠିପି ସହ ତରାଜୁରେ ଓଜନ କରି ତାହାର ଓଜନ M_1 ବାହାର କର । ତାପରେ ସୀସାଗୁଳିରୁ କିଛି ନେଇ ବୋତଲ ଭିତରେ ପୂରାଅ । ବୋତଲରେ ଠିପି ଲଗାଇ ଦେଇ ପୁନର୍ବାର ବୋତଲର ଓଜନ M_2 ବାହାର କର । ତାପରେ ଠିପି ବାହାର କରି ବୋତଲର ଶୂନ୍ୟ ଥିବା ଅଂଶରେ ଜଳ ପୂର୍ଣ୍ଣକର । ବୋତଲଟିକୁ ହଲାଇ ସେଥି ଭିତରୁ ବାୟୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ ଗୁଡ଼ିକୁ ବାହାର କରି ଦେଇ ଠିପି ଲଗାଇ ଦିଅ । ବୋତଲର ବାହାର ପାଖଟି ଖଣ୍ଡେ ଶୁଖିଲା କନାରେ ପୋଛିଦେଇ ପୁନର୍ବାର ବୋତଲର ଓଜନ M_3 ବାହାର କର । ପରିଶେଷରେ ବୋତଲରେ ଥିବା ଜଳ ଓ ସୀସାଗୁଳି ବାହାର କରିଦେଇ ବୋତଲଟିକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବେ ଜଳ ପୂର୍ଣ୍ଣକର । ପୂର୍ବପରି ଜଳରୁ ବାୟୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ ବାହାର କରିଦେଇ ବୋତଲର ଠିପି ଲଗାଇ ଦିଅ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବୋତଲର ବାହାର ପାଖଟି ଖଣ୍ଡେ ଶୁଖିଲା କନାରେ ପୋଛିଦେଇ ତାହାର ଓଜନ M_4 ବାହାର କର ।

ଏଠାରେ ସୀସାଗୁଳିର ଓଜନ$=M_2—M_1$

ବୋତଲରେ ସୀସାଗୁଳି ଉପରେ ଥିବା ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ପୂରଣ କରିଥିବା ଜଳର ଓଜନ$=M_3—M_2$ ।

କେବଳ ବୋତଲ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳର ଓଜନ$=M_4—M_1$

ସୀସାଗୁଳିର ସମଆୟତନ ଜଳର ଓଜନ$=(M_4—M_1)—(M_3—M_2)$

ସୀସାଗୁଳିର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା$= \dfrac{\text{ସୀସାଗୁଳିର ଓଜନ}}{\text{ସମଆୟତନ ଜଳର ଓଜନ}}$

$$= \frac{M_2—M_1}{(M_4—M_1)—(M_3—M_2)}$$

(c) ଜଳରେ ଦ୍ରବଣୀୟ କୌଣସି କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ପରୀକ୍ଷା :—ପ୍ରଥମେ ଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଭଗ୍ନଖଣ୍ଡରୁ କିଛି ଓ ତାହା ଦ୍ରବୁ ନଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରୁ କିଛି ନେଇ ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ଗୁରୁତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏହା ହେଲା ଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଏଠାରେ ବ୍ୟବହୃତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରତି ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା S_1 । ତାପରେ ପ୍ରଥମ ପରୀକ୍ଷାର ପ୍ରଣାଳୀ ଅନୁସରଣ କରି ଏହି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା S_2 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏହି ଦୁଇଟିର ଗୁଣଫଳ $S_1 \times S_2$ ଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରକୃତ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା, କାରଣ—

କୌଣସି ଦ୍ରବଣୀୟ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା, $S = \dfrac{\text{ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}{\text{ସମ ଆୟତନ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}$

$= \dfrac{\text{ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}{\text{ସମ ଆୟତନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}} \times \dfrac{\text{ସେହି ଆୟତନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}{\text{ସମ ଆୟତନ ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}$

= ଦ୍ରବଣୀୟ ପଦାର୍ଥର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରତି ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା S_1 × ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା S_2

$\therefore\ S = S_1 \times S_2$

ଉଦାହରଣ :

1. ଠିପିସହ ଗୋଟିଏ ଶୂନ୍ୟ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବୋତଲର ଓଜନ 25·3 ଗ୍ରାମ୍ । ବୋତଲଟି ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ଥିବାବେଳେ ତାହାର ଓଜନ 51·2 ଗ୍ରାମ୍ । ପୁଣି ସେହି ବୋତଲଟି କୌଣସି ଲବଣ ଦ୍ରବଣରେ ପୂର୍ଣ୍ଣଥିବା ବେଳେ ତାର ଓଜନ 54·6 ଗ୍ରାମ୍ । ଦ୍ରବଣର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଶୂନ୍ୟ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବୋତଲର ଓଜନ = 25·3 ଗ୍ରାମ୍
ବୋତଲ ସହ ପାତ୍ର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳର ଓଜନ = 51·2 ଗ୍ରାମ୍
ବୋତଲ ସହ ପାତ୍ର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦ୍ରବଣର ଓଜନ = 54·6 ଗ୍ରାମ୍
ବୋତଲ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳର ଓଜନ = 51·2 ଗ୍ରାମ୍—25·3 ଗ୍ରାମ୍ = 25·9 ଗ୍ରାମ୍
ବୋତଲ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦ୍ରବଣର ଓଜନ = 54·6—25·3 = 29·3 ଗ୍ରାମ୍
ଜଳ ଓ ଦ୍ରବଣର ଆୟତନ ସମାନ ହୋଇ ଥିବାରୁ

ଦ୍ରବଣର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $= \dfrac{29{\cdot}3 \text{ ଗ୍ରାମ୍}}{25{\cdot}9 \text{ ଗ୍ରାମ୍}} = 1{\cdot}13$

2. ନିମ୍ନ ସୂଚନାରୁ ସୀସାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର—
ଶୂନ୍ୟ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବୋତଲର ଓଜନ = 15·62 ଗ୍ରାମ୍ (1)
ଶୂନ୍ୟ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବୋତଲ ସହ ସୀସାଗୁଳିର ଓଜନ = 24·38 ଗ୍ରାମ୍...(2)
ବୋତଲ ସହ ସୀସାଗୁଳି ଓ ବୋତଲର ଅବଶିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ଥିବା ଜଳର ଓଜନ = 49·35 ଗ୍ରାମ୍ .... (3)
କେବଳ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ବୋତଲର ଓଜନ = 41·36 ଗ୍ରାମ୍ .... (4)

(1) ଓ (2)ରୁ ସୀସାଗୁଳିର ଓଜନ = 24·38—15·62 = 8·76 ଗ୍ରାମ

(2) ଓ (3)ରୁ ବୋତଲ ସୀସାଗୁଳି ଉପରେ ଥିବା ଜଳର ଓଜନ
= 49·35—24·38
= 24·97 ଗ୍ରାମ୍.........(5)

(1) ଓ (4)ରୁ କେବଳ ବୋତଲପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳର ଓଜନ
= 41.36—15·62 = 25·74 ଗ୍ରାମ୍......... (6)

(5) ଓ (6)ରୁ ସମଆୟତନ ଜଳର ଓଜନ
$=25{\cdot}74-24{\cdot}97=0{\cdot}77$ ଗ୍ରାମ୍

∴ ସୀସାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $=\dfrac{\text{ସୀସା ଗୁଳିର ଓଜନ}}{\text{ସମ ଆୟତନ ଜଳର ଓଜନ}}$

$=\dfrac{8{\cdot}76 \text{ ଗ୍ରାମ୍}}{0{\cdot}77 \text{ ଗ୍ରାମ୍}}=11{\cdot}37$

ସାରାଂଶ

1. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର :—କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ସ୍ଥିର ଜଳ କିମ୍ବା ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବା ଆଂଶିକ ଭାବରେ ବୁଡ଼ାଇଲେ ବସ୍ତୁଟି କିଛି ଓଜନ ହରାଇଲା ପରି ମନେହୁଏ । ବସ୍ତୁ ଆପାତତଃ ହରାଇବା ଓଜନ ତାଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ଜଳ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ।
ଉଦସ୍ଥିତି ତରଙ୍ଗ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହାର ସତ୍ୟତା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଏ ।

2. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ପ୍ରୟୋଗକରି କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ବସ୍ତୁର ବାୟୁରେ ଓଜନ W_1 ଓ ଜଳରେ ଓଜନ W_2 ହେଲେ ଏହି ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $(S) = \dfrac{W_1}{W_1-W_2}$

$= \dfrac{\text{ବାୟୁରେ ବସ୍ତୁର ଓଜନ}}{\text{ବସ୍ତୁ ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}$ ।

3. କୌଣସି ହାଲୁକା ବସ୍ତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $(S)=\dfrac{W_1}{W_1-W_2+W_3}$

$= \dfrac{\text{ବାୟୁରେ ହାଲୁକା ବସ୍ତୁର ଓଜନ}}{\text{ହାଲୁକା ବସ୍ତୁ ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}$ । (ହାଲୁକା ବସ୍ତୁର ବାୟୁରେ ଓଜନ W_1; ହାଲୁକା ବସ୍ତୁ ଓ ନିମଜ୍ଜ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଜଳରେ ଓଜନ, W_2 ପୁଣି ଜଳରେ ନିମଜ୍ଜ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଓଜନ, W_3 ।

4. କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $(S) = \dfrac{W_1-W_3}{W_1-W_2}$

$= \dfrac{\text{କୌଣସି କଠିନ ବସ୍ତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}{\text{ସେହି କଠିନ ବସ୍ତୁ ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}$
(କଠିନ ବସ୍ତୁର ବାୟୁରେ ଓଜନ, W_1; ଜଳରେ ଓଜନ, W_2 ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଓଜନ, W_3 1 ।)

5. କୌଣସି ଦ୍ରବଣୀୟ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (S)=ପଦାର୍ଥ ଦ୍ରବୁ ନଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରତି ତାହାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $(S_1)\times$ସେହି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (S_2) ।

6. ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ମାପକ ବୋତଲ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଓ ଭଗ୍ନଖଣ୍ଡ ଆକାରରେ ଥିବା କୌଣସି କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

7. କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $(S) = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1}$

$= \frac{\text{ବୋତଲ ପୂର୍ଣ୍ଣ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ}}{\text{ବୋତଲ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳର ଓଜନ}}$ ।

(ଶୂନ୍ୟ ବୋତଲର ଓଜନ, W_1; ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ବୋତଲର ଓଜନ, W_2 ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପୂର୍ଣ୍ଣ ବୋତଲର ଓଜନ, W_3) ।

8. ସୀସା ଗୁଳି ଭଳି କୌଣସି ଭଗ୍ନଖଣ୍ଡର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା

$$(S) = \frac{M_2 - M_1}{(M_4 - M_1) - (M_3 - M_2)}$$ ।

(ଶୂନ୍ୟ ବୋତଲର ଓଜନ, M_1; ସୀସାଗୁଳି ସହ ବୋତଲର ଓଜନ, M_2; ସୀସାଗୁଳି ଓ ଜଳ ସହ ବୋତଲର ଓଜନ, M_3 ପୁଣି କେବଳ ଜଳ ସହ ବୋତଲର ଓଜନ, M_4) ।

9. କୌଣସି ଦ୍ରବଣୀୟ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (S)=ପଦାର୍ଥ ଦ୍ରବୁ ନଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରତି ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇଥିବା ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $(S_1) \times$ ସେହି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (S_2) ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ଉଲ୍ଲେଖ କରି ତାହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବେ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ବାୟୁରେ ଖଣ୍ଡିଏ ପଥରର ଓଜନ 63·42 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ତାହାର ଓଜନ 51·74 ଗ୍ରାମ୍ ହେଲେ ପଥରର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କେତେ ? (ଉତ୍ତର: 5·43)

2. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ଉଲ୍ଲେଖ କରି ତାର ଯଥାର୍ଥତା ଜାଣିବା ସକାଶେ ପରୀକ୍ଷାଟିଏ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

3. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରି କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କି ରୂପେ ନିରୂପଣ କରାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

4. ଗୋଟିଏ ଧାତବ ଗୋଲକର ବାୟୁରେ ଓଜନ 245·3 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 215·6 ଗ୍ରାମ୍ । ଧାତୁଟିର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 8·26)

5. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରି କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ, ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

ଗୋଟିଏ ଧାତବ ସିଲିଣ୍ଡରର ବାୟୁରେ ଓଜନ 87·62 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 73·41 ଗ୍ରାମ୍ ଓ କୌଣସି ଦ୍ରବଣରେ ଓଜନ 70·38 ଗ୍ରାମ୍ । ଦ୍ରବଣର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 1·21)

6. ଜଳରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ବିକରକୁ ନେଇ ତରାଜୁର ବାମ ପଲ୍ଲରେ ରଖାଗଲା । ଏହାର ଡ଼ାହାଣ ପଲ୍ଲରେ ବଟକରା ପକାଇ ଦୁଇପାଖର ଓଜନ ସମାନ କରାଗଲା । ତାପରେ 120 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ 15 ଘନସେ:ମି: ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ନେଇ ସୂତା ସାହାଯ୍ୟରେ ଦଣ୍ଡର ବାମ ପଟ ଆଙ୍କୁଡ଼ାରୁ ଝୁଲାଇ ଦେଇ ବିକରକୁ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇ ରଖାଗଲା । ବର୍ତ୍ତମାନ ତରାଜୁକୁ ସମତୁଲ (Counterpoise) କରିବା ସକାଶେ ବଟକରାରେ କି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(2) ଯଦି ବସ୍ତୁଟି କୌଣସି ବାହ୍ୟ ଆଶ୍ରାରୁ (Support) ବିକରର ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇ ରଖାଯାଇଥାଏ ତେବେ ଯନ୍ତ୍ରର ପ୍ରତିଦୋଳନ ସକାଶେ ବଟକରାରେ କି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ତାହା ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉତ୍ତର: (1) 120 ଗ୍ରାମ୍ ଓ (2) 15 ଗ୍ରାମ୍]

7. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରି ବିଜ୍ଞାନାଗାରରେ ଖଣ୍ଡେ ତୁତିଆର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କି ରୂପେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବ ବିଶଦ୍ ଭାବେ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

8. 25·3 ଘନସେ:ମି: ଆୟତନ ଓ 0·26 ଗ୍ରାମ୍/ଘନସେ:ମି: ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଖଣ୍ଡେ ସୋଲକୁ ଗୋଟିଏ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ପାତ୍ରର ତଳଦେଶ ସହ ଖଣ୍ଡେ ସୂତା ସାହାଯ୍ୟରେ ଏପରି ଭାବରେ ବନ୍ଧା ହୋଇଛି ଯେ ସୋଲଟି ଜଳରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବେ ବୁଡ଼ି ରହିଛି । ସୂତାଟିରେ ନିହିତ ଟାଣବଳ (Tension) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 18·72 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ)

9. ତମ୍ବା ଓ ଦସ୍ତାରେ ତିଆରି ଖଣ୍ଡେ ମିଶ୍ରଧାତୁର ବାୟୁରେ ଓଜନ 43·4 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 38·2 ଗ୍ରାମ୍ । ମିଶ୍ରଧାତୁରେ ଥିବା ତମ୍ବା ଓ ଦସ୍ତାର ଶତକଡ଼ା ଅଂଶ (1) ଓଜନରେ ଓ (2) ଆୟତନରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ତମ୍ବାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 8·9 ଓ ଦସ୍ତାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 7·0)

[ଉତ୍ତର: (1) 75·65% ଓ 24·35% (2) 71.1% ଓ 28·9%]

10. ସୁନା ଓ ରୂପାରେ ତିଆରି ଖଣ୍ଡେ ମିଶ୍ର ଧାତୁକୁ ଓଜନ କରିବାରେ ବାୟୁରେ ତାହାର ଓଜନ 65·3 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ତାହାର ଓଜନ 60·42 ଗ୍ରାମ୍ ହେଲା । ଏଥିରୁ (କ) ମିଶ୍ର ଧାତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଖ) ସୁନା ଓ ରୂପାରେ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯଥାକ୍ରମେ 19·3 ଓ 10·5 ହେଲେ ମିଶ୍ରଣରେ ଥିବା ସୁନା ଓ ରୂପାର ଶତକଡା ଅଂଶ ଆୟତନରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉତ୍ତର (କ) 13·39 (ଖ) 32·11 % ଓ 67·89%]

11. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ପ୍ରତିପାଦନ କର । ସୁନାଓ ତମ୍ବାର ମିଶ୍ରଣରେ ତିଆରି ଗୋଟିଏ ମୁଦିର ବାୟୁରେ ଓଜନ 12 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 11·2 ଗ୍ରାମ୍ । ମୁଦିଟିରେ ଥିବା ସୁନା ଓ ତମ୍ବାର ଶତକଡା ଅଂଶ (କ) ଓଜନରେ ଓ (ଖ) ଆୟତନରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ସୁନାର ସାନ୍ଦ୍ରତା 19·3 ଗ୍ରାମ୍/ଘନସେ:ମି: ଓ ତମ୍ବାର ସାନ୍ଦ୍ରତା 8·9 ଗ୍ରାମ/ଘନସେ:ମି:)

(ଉତ୍ତର: ଓଜନରେ ସୁନା 75·01% ଓ ତମ୍ବା 24·99 % ପୁଣି ଆୟତନରେ ସୁନା 58·3% ଓ ତମ୍ବା 41·7%)

12. ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ ।

ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ (କ) କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଓ

(ଖ) ଜଳଠାରୁ ଭରି କୌଣସି ଅଦ୍ରବଣୀୟ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପ୍ରଣାଳୀ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

13. (a) ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ ।

(b) ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ମାପକ ବୋତଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

(c) ଗୋଟିଏ ଶୂନ୍ୟ ଆ:ସା: ବୋତଲର ଓଜନ 15·05 ଗ୍ରାମ୍ । ବୋତଲଟି ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ କରି ଦେଲେ ତାହାର ଓଜନ ହେଉଛି 37·25 ଗ୍ରାମ୍ ଓ କୌଣସି ତେଲରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରି ଦେଲେ ତାହାର ଓଜନ ହେଉଛି 32·15 ଗ୍ରାମ୍ । ତେଲର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 0·7701)

14. (a) ସାନ୍ଦ୍ରପାତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଦ୍ରବଣୀୟ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ବିଶଦଭାବେ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

(b) ସାନ୍ଦ୍ରପାତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଚିନିର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ କରାଯାଇଥିବା ପରୀକ୍ଷାରେ ନିମ୍ନ ଫଳ ବାହାରିଲା । ସେଥିରୁ ଚିନିର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
ଶୂନ୍ୟ ସାନ୍ଦ୍ରପାତ୍ରର ଓଜନ=15·34 ଗ୍ରାମ୍
ଚିନି ସହ ପାତ୍ରର ଓଜନ=26·43 ଗ୍ରାମ୍
ପାତ୍ର+ଚିନି+ବଳକା ସ୍ଥାନରେ ଥିବା କିରାସିନିର ଓଜନ=41·31 ଗ୍ରାମ୍
କେବଳ କିରାସିନି ପୂର୍ଣ୍ଣ ପାତ୍ରର ଓଜନ=35·87 ଗ୍ରାମ୍
କେବଳ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ପାତ୍ରର ଓଜନ=40·45 ଗ୍ରାମ୍

(ଉତ୍ତର: 1·6)

15. ଖଣ୍ଡେ କାଚର ବାୟୁରେ ଓଜନ 15 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 9 ଗ୍ରାମ୍ ହେଲେ କାଚର ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉତ୍ତର: 2·5 ଗ୍ରାମ୍ / ଘନ ସେ:ମି:)

16. କୌଣସି ବସ୍ତୁର ବାୟୁରେ ଓଜନ 86·3 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 76·25 ଗ୍ରାମ୍ 0·8 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ସ୍ପିରିଟରେ ତାହାର ଓଜନ କେତେ ହେବ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 78·26 ଗ୍ରାମ୍)

ଗୋଟିଏ ଧାତବ ସିଲିଣ୍ଡରର ବାୟୁରେ ଓଜନ 87·62 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 73·41 ଗ୍ରାମ୍ ଓ କୌଣସି ଦ୍ରବଣରେ ଓଜନ 70·38 ଗ୍ରାମ୍ । ଦ୍ରବଣର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 1·21)

6. ଜଳରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ବିକରକୁ ନେଇ ତରଜୁର ବାମ ପଲରେ ରଖାଗଲା । ଏହାର ଡ଼ାହାଣ ପଲରେ ବଟକର ପକାଇ ଦୁଇପାଖର ଓଜନ ସମାନ କରଗଲା । ତାପରେ 120 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ 15 ଘନସେ:ମି: ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ନେଇ ସୂତା ସାହାଯ୍ୟରେ ଦଣ୍ଡର ବାମ ପଟ ଆଙ୍କୁଡ଼ାରୁ ଝୁଲାଇ ଦେଇ ବିକରକୁ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇ ରଖାଗଲା । ବର୍ତ୍ତମାନ ତରଜୁକୁ ସମତୁଲ (Counterpoise) କରିବା ସକାଶେ ବଟକଘରେ କି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(2) ଯଦି ବସ୍ତୁଟି କୌଣସି ବାହ୍ୟ ଆଶ୍ରାରୁ (Support) ବିକରର ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇ ରଖାଯାଇଥାଏ ତେବେ ଯନ୍ତ୍ରର ପ୍ରତିଦୋଳନ ସକାଶେ ବଟକଘରେ କି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ତାହା ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉତ୍ତର: (1) 120 ଗ୍ରାମ୍ ଓ (2) 15 ଗ୍ରାମ୍]

7. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରି ବିଜ୍ଞାନାଗାରରେ ଖଣ୍ଡେ ତୁତିଆର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କି ରୂପେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବ ବିଶଦ୍ ଭବେ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

8. 25·3 ଘନସେ:ମି: ଆୟତନ ଓ 0·26 ଗ୍ରାମ୍/ଘନସେ:ମି: ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଖଣ୍ଡେ ସୋଲକୁ ଗୋଟିଏ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ପାତ୍ରର ତଳଦେଶ ସହ ଖଣ୍ଡେ ସୂତା ସାହାଯ୍ୟରେ ଏପରି ଭବରେ ବନ୍ଧା ହୋଇଛି ଯେ ସୋଲଟି ଜଳରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣଭବେ ବୁଡ଼ି ରହିଛି । ସୂତାଟିରେ ନିହିତ ଟାଣବଳ (Tension) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 18·72 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ)

9. ତମ୍ବା ଓ ଦସ୍ତାରେ ତିଆରି ଖଣ୍ଡେ ମିଶ୍ରଧାତୁର ବାୟୁରେ ଓଜନ 43·4 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 38·2 ଗ୍ରାମ୍ । ମିଶ୍ରଧାତୁରେ ଥିବା ତମ୍ବା ଓ ଦସ୍ତାର ଶତକଡ଼ା ଅଂଶ (1) ଓଜନରେ ଓ (2) ଆୟତନରେ ନିର୍ଣ୍ଣଯ କର । (ତମ୍ବାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 8·9 ଓ ଦସ୍ତାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 7·0)

[ଉତ୍ତର: (1) 75·65% ଓ 24·35% (2) 71.1 % ଓ 28·9%]

10. ସୁନା ଓ ରୂପାରେ ତିଆରି ଖଣ୍ଡେ ମିଶ୍ର ଧାତୁକୁ ଓଜନ କରିବାରେ ବାୟୁରେ ତାହାର ଓଜନ 65·3 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ତାହାର ଓଜନ 60·42 ଗ୍ରାମ୍ ହେଲା । ଏଥିରୁ (କ) ମିଶ୍ର ଧାତୁର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଖ) ସୁନା ଓ ରୂପାରେ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯଥାକ୍ରମେ 19·3 ଓ 10·5 ହେଲେ ମିଶଣରେ ଥିବା ସୁନା ଓ ରୂପାର ଶତକଡା ଅଂଶ ଆୟତନରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉତ୍ତର (କ) 13·39 (ଖ) 32·11 % ଓ 67·89%]

11. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ପ୍ରତିପାଦନ କର । ସୁନାଓ ତମ୍ବାର ମିଶ୍ରଣରେ ତିଆରି ଗୋଟିଏ ମୁଦିର ବାୟୁରେ ଓଜନ 12 ଗ୍ରାମ୍ ଓ ଜଳରେ ଓଜନ 11·2 ଗ୍ରାମ୍ । ମୁଦିଟିରେ ଥିବା ସୁନା ଓ ତମ୍ବାର ଶତକଡା ଅଂଶ (କ) ଓଜନରେ ଓ (ଖ) ଆୟତନରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

17. ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରି ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ ଖଣ୍ଡେ ତୁତିଆ (Copper Sulphate Crystal) ର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କି ରୂପେ ନିରୂପଣ କରିବ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

ଖଣ୍ଡେ ତୁତିଆର ବାୟୁରେ ଓଜନ 15·3 ଗ୍ରାମ୍ ଓ 0·8 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ କିରସିନିରେ 10·8 ଗାମ୍ ହେଲେ ତୁତିଆର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉତ୍ତର 2·72)

18. ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ ।

(1) କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଓ (2) କୌଣସି ଭରୀ ଅଦ୍ରବଣୀୟ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିରୂପଣ କରିବା ସକାଶେ ଯେ କୌଣସି ଗୋଟିଏ ପ୍ରଣାଳୀ ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

19. ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

ଗୋଟିଏ ଶୂନ୍ୟ ସାନ୍ଦ୍ରପାତ୍ରର ଓଜନ 14 ଗ୍ରାମ୍, ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ପାତ୍ରର ଓଜନ 39 ଗ୍ରାମ୍ ଓ କିରସିନିପୂର୍ଣ୍ଣ ପାତ୍ରର ଓଜନ 34 ଗ୍ରାମ୍ ହେଲେ କିରସିନିର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କେତେ ? (ଉତ୍ତର: 0·8)

20. କୌଣସି ବସ୍ତୁର ବାୟୁରେ ଓଜନ 160 ଗ୍ରାମ୍, ଜଳରେ ଓଜନ 130 ଗ୍ରାମ୍ ଓ କିରସିନିରେ ଓଜନ 136 ଗ୍ରାମ୍ ହେଲେ କିରସିନିର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉତ୍ତର: 0·8)

ଷୋଡ଼ଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ଭାସମାନ ବସ୍ତୁ

Floating Bodies

କୌଣସି କଠିନ ବସ୍ତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ବୁଡ଼ିଲେ ତାହା ସମଆୟତନ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଅପସାରଣ କରେ । ନିମଗ୍ନ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ ପଡ଼େ । ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ W ତାକୁ ତଳକୁ ଟାଣିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତରଳ ପଦାର୍ଥଟିର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ W_1 ତାକୁ ଉପରକୁ ଠେଲେ । ଆଗରୁ କୁହାଯାଇଛି ଯେ, ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ ବା ପ୍ଲବତା ବସ୍ତୁରୁ ସମଆୟତନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ।

ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ W ତାହାର ସମଆୟତନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ W_1 ଅପେକ୍ଷା ବେଶୀ ହେଲେ ବସ୍ତୁଟି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପୂରା ବୁଡ଼ିଯାଏ ।

ଯଦି ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ W ତାହାର ସମଆୟତନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ W_1 ସହିତ ସମାନ ହୁଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁଟି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣରୂପେ ନିମଜ୍ଜିତ ହୋଇ ଭସେ; ଅର୍ଥାତ୍ ବସ୍ତୁଟି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ରହେ ।

ଯଦି ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ W ତାହାର ସମଆୟତନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ W_1 ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ହୁଏ, ତେବେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ନିହିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପରିଣାମୀ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ ବା ପ୍ଲବତା W_1 ବସ୍ତୁର ଓଜନ W ଠାରୁ ବେଶୀ ହୁଏ । ଫଳରେ ବସ୍ତୁଟି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ବୁଡ଼ିପାରେ ନାହିଁ । ବସ୍ତୁର ଓଜନ W ଅପେକ୍ଷା ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ W_1 ବେଶୀ ଥିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବସ୍ତୁଟି ଉପରକୁ ଠେଲି ହେଉଥାଏ । ଫଳରେ ବସ୍ତୁର କିଛି ଅଂଶ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବାହାରେ ରହେ; ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଭିତରେ ବୁଡ଼ିରହେ । ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁର ଓଜନ W ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ W_1 ଠିକ୍ ସମାନ ହୋଇଯାଏ ଓ ବସ୍ତୁଟି ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ସ୍ଥିର ହୋଇ ଭସେ । ବସ୍ତୁଟି ଯେତିକି ଆୟତନର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତ କରେ, ତାହାର ଓଜନ ସହିତ ଏହି ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳର ପରିମାଣ ସମାନ । ଅତଏବ ଯେଉଁ ବସ୍ତୁ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ସ୍ଥିରଭାବରେ ଭାସୁଥାଏ, ତାହା ଠିକ୍ ନିଜ ଓଜନର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ଥାନଚ୍ୟୁତ କରେ । ଏହି ଧରଣର ବସ୍ତୁକୁ ଭାସମାନ ବସ୍ତୁ କୁହାଯାଏ । ଖଣ୍ଡେ ସୋଲ ଜଳରେ ପକାଇଲେ ତାହାର କିଛି ଅଂଶ ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ବୁଡ଼ିରହେ । ସୋଲଟି ଏପରି ଭାବରେ ଜଳରେ ଭସେ ଯେ ତାହାର ଜଳମଗ୍ନ ଅଂଶଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ଜଳର ଓଜନ ତାହାର ସମୁଦାୟ ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ । ସୋଲପରି କାଠ, ପାରଫିନ୍ ମହମ (Paraffin wax), ଗନ୍ଧକର୍ପୂର (Napthalene) ପ୍ରଭୃତି ଅନ୍ୟ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟ ଜଳରେ ଭସେ ।

ଭାସମାନ ବସ୍ତୁର ନିୟମ (Law of floating bodies) :

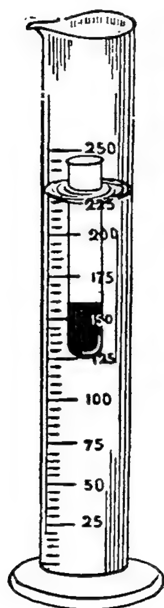
16.1 କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତାଠାରୁ **କମ୍** ହେଲେ ବସ୍ତୁଟି ସେହି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଭସେ ।

ରୂପା, ତମ୍ବା, ଲୁହା, ପିତ୍ତଳ, ଦସ୍ତା ପ୍ରଭୃତିର ସାନ୍ଦ୍ରତା ପାରଦର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ସେଗୁଡ଼ିକ ପାରଦରେ ଭସନ୍ତି; କିନ୍ତୁ ସୁନା ପାରଦରେ ବୁଡ଼ିଯାଏ, କାରଣ ସୁନାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ପାରଦର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅପେକ୍ଷା ବେଶୀ ।

16.2 ଭସମାନ ବସ୍ତୁର ଓଜନ ତାହାଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ।

16.3 ଭସମାନର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ପରୀକ୍ଷା :

ଗୋଟିଏ ଅଂଶାଙ୍କିତ ପାତ୍ର (Graduated jar) ରେ କିଛି ଜଳ ରଖି ଜଳର ପରିମାଣ ଲେଖିରଖ । ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷାନଳୀ (Test tube) ର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଭାଗରେ ଗୋଟିଏ ଦାଗ ଚିହ୍ନିତ କରି ସେଥିରେ କିଛି ସୀସାଗୁଳି ପୂରାଅ । ସୀସାଗୁଳିର ପରିମାଣକୁ ଠିକ୍ କରି ନଳୀଟିକୁ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇ ରଖ (ଚିତ୍ର 87) । ପରୀକ୍ଷା ନଳୀଟି ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ଜଳରେ ଭାସୁଥିବାବେଳେ ଜଳର ପତନ (Level) ଅଂଶାଙ୍କିତ ପାତ୍ରର କେଉଁ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉଠିଛି ଦେଖ । ପରୀକ୍ଷା ନଳୀଟି ପାତ୍ରର ଜଳରେ ଭସିବାଦ୍ୱାରା କେତେ ଆୟତନର ଜଳ ଅପସାରଣ କଲା, ହିସାବ କର । ଏଥର ପରୀକ୍ଷା ନଳୀଟିକୁ ଜଳ ମଧ୍ୟରୁ ସାବଧାନରେ କାଢ଼ିନେଇ ତାହାର ବାହାର ପାଖକୁ ଖଣ୍ଡେ ଶୁଖିଲା କନାରେ ପୋଛିଦେଇ ସୀସାଗୁଳି ସହିତ ତାହାର ଓଜନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଦେଖିବ ନଳୀର ଏହି ଓଜନ ସହିତ ନଳୀଟି ଅପସାରଣ କରିଥିବା ଜଳର ଓଜନ ସମାନ ହେବ ।



(ଚିତ୍ର 87)

ପରୀକ୍ଷା ନଳୀରେ ନେବା ସୀସାଗୁଳିର ପରିମାଣ ବଦଳାଇ ନଳୀଟିକୁ ବିଭିନ୍ନ ଗଭୀରତାକୁ ଭସାଇ ଏହି ପରୀକ୍ଷାଟି ପାଞ୍ଚଥର କର । ଦେଖିବ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ଥର ସୀସାଗୁଳି ସହ ପରୀକ୍ଷାନଳୀର ଓଜନ ଯେତିକି ହେବ, ନଳୀଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ଜଳର ଓଜନ ସେତିକି ହେବ ।

ଏହି ପରୀକ୍ଷାରୁ ଆମେ ପ୍ରମାଣ ପାଇଲେ ଯେ, ଭସମାନ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଭସିବା ସମୟରେ ସ୍ୱ ସ୍ୱ ଓଜନର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଅପସାରଣ କରନ୍ତି ।

16.4 ଉଦମାପକ ବା ହାଇଡ୍ରୋମିଟର (Hydrometer)

କଠିନ ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ ଭସମାନର ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଯେଉଁ ଯନ୍ତ୍ର ନିର୍ମାଣ କରାଯାଇଥାଏ, ତାକୁ ଉଦମାପକ କୁହାଯାଏ । ଉଦମାପକ ଦୁଇପ୍ରକାରର; ଯଥା—(କ) ସ୍ଥିର ନିମଜ୍ଜନ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର (Constant immersion Hydrometer) ଓ (ଖ) ପରିବର୍ତ୍ତୀ ନିମଜ୍ଜନ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର (Variable immersion Hydrometer) ।

(କ) ସ୍ଥିର ନିମଜ୍ଜନ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର—ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଓଜନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ବିଭିନ୍ନ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ତାକୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ାଇବାକୁ ହୁଏ । ତଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଆୟତନ ସମାନ ରହେ ।

(ଖ) ପରିବର୍ତ୍ତୀ ନିମଜ୍ଜନ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର—କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଓଜନର ଗୋଟିଏ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ନେଇ ବିଭିନ୍ନ ତରଳପଦାର୍ଥରେ ଭସାଇଲେ ତାହା ବିଭିନ୍ନ

ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଗଭୀରତାରେ ଭସେ । ଉଭୟ ପ୍ରକାର ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ସୂତ୍ର ଜାଣିବାକୁ ହେଲେ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା ନଳୀ ନିଅ । ଗ୍ରାଫ୍ କାଗଜରୁ ସରୁଆକାରରେ ଖଣ୍ଡେ କାଟିନେଇ ତା'ର ଦାଗଗୁଡ଼ିକୁ ଅଂଶାଙ୍କିତ (Graduate) କର । ଏହି କାଗଜ ଖଣ୍ଡିକ ନେଇ ପରୀକ୍ଷା ନଳୀର ଭିତର ପାଖରେ ତା'ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସମାନ୍ତରରେ ରଖି ଅଠା ଲଗାଇ ଦିଅ । ପରୀକ୍ଷା ନଳୀରେ ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣର ସୀସାଗୁଳି ଭର୍ତ୍ତିକର । ତଦ୍ଦ୍ୱାରା ପରୀକ୍ଷାନଳୀଟି ଯେକୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ସିଧାରେ ଭସିବ ।

(କ) ସ୍ଥିର ନିମଜ୍ଜନ (Constant Immersion)—ପରୀକ୍ଷା ନଳୀଟିର ସୀସାଗୁଳିର ପରିମାଣ ବଦଳାଇ ତାହାକୁ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ାଅ । ତତ୍ପରେ ତାହାକୁ ପଦାକୁ କାଢ଼ିନେଇ ଶୁଖିଲ କନାରେ ପୋଛିଦେଇ ଓଜନ କର । ମନେକର ତାହାର ଓଜନ w_1 । ତା'ପରେ ନଳୀଟିର ସୀସାଗୁଳିର ପରିମାଣ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ସେହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦ୍ୱିତୀୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ାଅ । ପୂର୍ବପରି ସୀସାଗୁଳି ସହ ନଳୀର ଓଜନ ନିଅ । ମନେକର ଏହି ଓଜନ w_2 ।

ଭସମାନର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମାନୁଯାୟୀ
ପ୍ରଥମ ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ $= w_1$
ଦ୍ୱିତୀୟ ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ $= w_2$
କିନ୍ତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଦୁଇଟିର ଅପସାରିତ ଆୟତନ ସମାନ ।
ଯଦି ଏହି ଆୟତନ v ହୁଏ,

$w_1 = v \times d_1$ ଓ $w_2 = v \times d_2$

ଅର୍ଥାତ୍ $\dfrac{d_2}{d_1} = \dfrac{w_2}{w_1}$

ଏଥିରୁ ପ୍ରଥମ ତରଳ ପଦାର୍ଥଟି ଯଦି ଜଳ ହୁଏ, ($d_1 = 1$ ଗ୍ରାମ୍ / ଘନ ସେ:ମି:) ।

ତେବେ ଦ୍ୱିତୀୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $d_2 = \dfrac{w_2}{w_1}$

$$= \frac{\text{ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଭସିବା ବେଳେ ନଳୀର ଓଜନ (ସୀସାଗୁଳି ସହ)}}{\text{ଜଳରେ ଭସିବା ବେଳେ ନଳୀର ଓଜନ (ସୀସାଗୁଳି ସହ)}}$$

(ଖ) ପରିବର୍ତ୍ତୀ ନିମଜ୍ଜନ (Variable immersion)—ମନେକର ପରୀକ୍ଷା ନଳୀର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ—'a'; ମନେକର d_1 ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପରୀକ୍ଷା ନଳୀଟି h_1 ଗଭୀରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ିଲା; ଓ d_2 ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପରୀକ୍ଷା ନଳୀଟି h_2 ଗଭୀରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ିଲା । ପରୀକ୍ଷା ନଳୀଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ପ୍ରଥମ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ $= ah_1$ ଓ ତାହାର ଓଜନ $= ah_1d_1g$ ।

ସେହିଭଳି ଦ୍ୱିତୀୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ $= ah_2d_2g$
ଉଭୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପରୀକ୍ଷା ନଳୀର ଓଜନ ସମାନ ଥିଲା । ସେଥିପାଇଁ ଏହି ଓଜନ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟ ସମାନ ।

$\therefore ah_1d_1g = ah_2d_2g$

ବା $\dfrac{d_2}{d_1} = \dfrac{h_1}{h_2}$

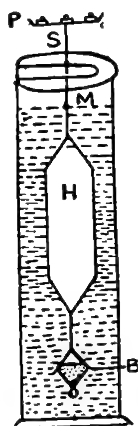
ପ୍ରଥମ ତରଳ ପଦାର୍ଥଟି ଜଳ ହେଲେ, $\frac{h_1}{h_2}$ ଦ୍ୱିତୀୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ହେବ ।

∴ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $=\frac{h_1}{h_2}$

$$=\frac{\text{ଜଳରେ ବୁଡ଼ିବା ଗଭୀରତା}}{\text{ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ିବା ଗଭୀରତା}}$$

16.5 ନିକଲ୍‌ସନ୍‌ଙ୍କ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର (Nicholson's Hydrometer)

ଏହା ସ୍ଥିର ନିମଜ୍ଜନ ପ୍ରକାରର ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ଅଟେ । ଏହା ଗୋଟିଏ ନିବୁଜ ଫମ୍ପା ଟିଣ ନଳୀ H ରେ ତିଆରି (ଚିତ୍ର ୫୪) । ଏହାର ଉପରମୁଣ୍ଡରେ ସରୁ ଧାତବ ନାଡ଼ ଓ ନାଡ଼ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ସାନ ପଲ୍ଲ 'P' ଲଗିଛି । ତଳମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ସୀସାଗୁଳି ପୂର୍ଣ୍ଣ ବାଲ୍‌ଟି B ଲଗିଛି । ତଳମୁଣ୍ଡକୁ ଭାରୀ କରାଯାଇଥିବାରୁ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରଟି ଯେକୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ସିଧା ହୋଇ ଭସେ । ଉପର ପଲ୍ଲ ତଳକୁ ନାଡ଼ ଦେହରେ ଗୋଟିଏ ଦାଗ M ଥାଏ । ହାଇଡ୍ରୋମିଟରକୁ ଏହି ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ାଇ ରଖାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓ ଛୋଟ ଛୋଟ କଠିନ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।



(କ) କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା :

ପରୀକ୍ଷା :

ପ୍ରାୟ 18 ଇଞ୍ଚ ଉଚ୍ଚତାବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କାଚ ଜାର୍ (jar) ରେ ଜଳ ପୂରାଇ ସେଥିରେ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରକୁ ଭସାଇ ଦିଅ । ଏହାର ଉପର ପଲ୍ଲରେ ଉପଯୁକ୍ତ ବଟକରା ପକାଇ ତାକୁ ଦାଗ (ଚିତ୍ର ୫୪) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଅ । ବଟକରାଗୁଡ଼ିକର ଓଜନ M_1 ଲେଖିରଖ । ପଲ୍ଲରୁ ବଟକରା-ଗୁଡ଼ିକ ଉଠାଇନେଇ ଯେଉଁ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ, ସେଥିରେ ତିଆରି ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ବସ୍ତୁ ଉପର ପଲ୍ଲରେ ରଖ । ଦରକାର ହେବା ବଟକରା ତାହା ସହିତ ମିଶାଇ ପୁଣି ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ଦାଗପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଅ । ଏହି ଓଜନ M_2 ଲେଖିରଖ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବସ୍ତୁ ଓ ବଟକରାକୁ ଉପର ପଲ୍ଲରୁ ଉଠାଇନେଇ ବସ୍ତୁଟିକୁ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ତଳ ମୁଣ୍ଡର ଖୋପରେ ରଖ (ବସ୍ତୁଟି ହାଲୁକା ହୋଇଥିଲେ ଖୋପ ସହିତ ବାନ୍ଧିଦେବ) । ଖଣ୍ଡେ କାଚ କାଠି ସାହାଯ୍ୟନେ ବସ୍ତୁ ଦେହରେ ଲଗିଥିବା ବାୟୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍‌ଗୁଡ଼ିକୁ ବାହାର କରିଦିଅ । ଉପର ପଲ୍ଲରେ ଯେତେ ବଟକରା ପକାଇଲେ ମାପକଟି ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ିବ, ସେତିକି ପକାଇ ତା'ର ଓଜନ M_3 ଲେଖିରଖ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ବାୟୁରେ ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ $=M_1-M_2$

ଜଳରେ ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ $=M_1-M_3$

ବସ୍ତୁଟିର ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ $=(M_1-M_2)-(M_1-M_3)=M_3-M_2$

∴ ପଦାର୍ଥଟିର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $=\frac{M_1-M_2}{M_3-M_2}$

ପଦାର୍ଥଟି ଜଳରେ ମିଳାଇ ଯାଉଥିଲେ ଜଳ ପରିବର୍ତ୍ତେ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଅଦ୍ରାବକ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ବ୍ୟବହାର କରିବ । ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବାହାରିବା ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହିତ ଗୁଣିଲେ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରକୃତ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବାହାରିବ ।

(ଖ) ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ଗୋଟିଏ ଲମ୍ବା କାଚ ଜାର୍‌ରେ ଜଳ ପୂରାଇ ସେଥିରେ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରକୁ ଭସାଇ ଦିଅ । ଏହା ଠିକ୍ ଦାଗ M ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ିଲାଭଳି ଉପର ପଲ୍ଲରେ ବଟକରା ପକାଅ । ବଟକରାର ଓଜନ W_1 ଟିପି ରଖ । ତାପରେ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରଟିକୁ ଜଳରୁ ବାହାର କରିନେଇ ତା'ର ପଦା ପାଖଟି କନାରେ ପୋଛିଦେଇ ଯେଉଁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ, ସେହି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଥିବା ଜାର୍‌ରେ ଭସାଅ । ଏବେ ମଧ୍ୟ ପୂର୍ବପରି ଉପର ପଲ୍ଲରେ କେତେକ ବଟକରା ପକାଅ । ତାହା ଠିକ୍ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ୁ । ବଟକରାଗୁଡ଼ିକର ଓଜନ W_2 ଲେଖିରଖ । ପରିଶେଷରେ କମାନି ନିକିତି ସାହାଯ୍ୟରେ ଶୁଖିଲା ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଓଜନ W_0 ବାହାର କର ।

ଏଠାରେ ଯେହେତୁ ଅପସାରିତ ଜଳ ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ ସମାନ,
ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା

$$= \frac{\text{ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ}}{\text{ଅପସାରିତ ଜଳର ଓଜନ}}$$

$$= \frac{\text{ପଡ଼ିଥିବା ବଟକରା ସହ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଓଜନ}}{\text{ପଡ଼ିଥିବା ବଟକରା ସହ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଜଳରେ ଓଜନ}}$$

$$= \frac{W_0+W_2}{W_0+W_1}$$

ପୂର୍ବ ସାବଧାନତା (**Precaution**) :

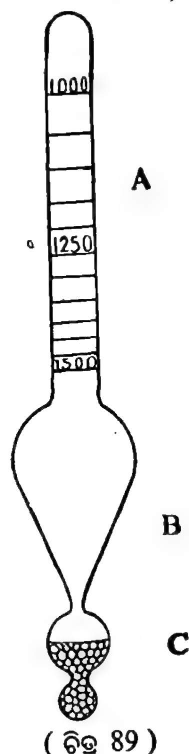
1. ହାଇଡ୍ରୋମିଟରକୁ ଜଳ କିମ୍ବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଭସାଇବାବେଳେ ଏହାର ନାଡ଼ର ଦୁଇ କଡ଼ରେ ଦୁଇଖଣ୍ଡ ସଚ୍ଛ କାଚପଟା (Slotted disc) ଜାର ମୁହଁରେ ରଖ । ଦେଖ, ଯେପରି ଏହାର ନାଡ଼ କାଚପଟାକୁ ନ ଲାଗି ସହଜରେ ଉପରକୁ ଉଠି ପାରୁଥିବ । ଏହା କଲେ ପରୀକ୍ଷାବେଳେ ଏହାର ଉପର ପଲ୍ଲରେ ଦୈବାତ୍ ଅତ୍ୟଧିକ ଓଜନର ବଟକରା ରଖିଦେଲେ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରଟି ବୁଡ଼ି ନ ଯାଇ କାଚ-ପଟାରେ ଅଟକି ରହିବ ।

2. ପରୀକ୍ଷାବେଳେ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରଟି ଜାର୍‌ର କୌଣସି ଅଂଶକୁ ସ୍ପର୍ଶ ନ କରି ସିଧାରେ ଭସିବ । ସିଧାରେ ନ ଭସିଲେ ତା'ର ତଳମୁଣ୍ଡ ଖୋପରେ ଖଣ୍ଡେ ପଥର ରଖିଦେଇ ତାକୁ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଏକ ଅଂଶ ରୂପେ ଧରିନେବାକୁ ହେବ ।

3. ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଦେହରେ ବାୟୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍ ନ ଲାଗିବା ଉଚିତ ।

16.6 ସାଧାରଣ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର (Common Hydrometer) :

ସାଧାରଣ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରେ ପରିବର୍ତ୍ତୀ ନିମଜ୍ଜନ ପ୍ରକାରର ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ଅଟେ । ଏହା କାଚ ନିର୍ମିତ ଓ ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ ଫମ୍ପା ଲମ୍ବାଳିଆ ବଲ୍‌ବ (Hollow Bulb) B ଅଛି (ଚିତ୍ର 89) । B ର ତଳ ମୁଣ୍ଡରେ ପାରଦ କିମ୍ବା ସୀସାଗୁଳି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ବଲ୍‌ବ C ଲଗିଛି । ତଳମୁଣ୍ଡ ଘରି ଥିବାରୁ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରଟି ଯେକୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ସିଧା ହୋଇ ଭସେ । B ର ଉପର ମୁଣ୍ଡରେ ସମପ୍ରସ୍ଥଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଅଂଶାଙ୍କିତ ଲମ୍ବା ଦଣ୍ଡ A ଲଗିଛି । ଦଣ୍ଡଟି ଏପରିଭବେ ଅଂଶାଙ୍କିତ ହୋଇଛି ଯେ, ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଭସାଇଲେ, ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ତା'ର ଯେଉଁ ଦାଗ ସମତଳରେ ରହିବ, ସେହି ଦାଗ ପାଖରେ ଚିହ୍ନିତ ସଂଖ୍ୟାଟି ସିଧାରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଦର୍ଶାଇବ । ସୁତରାଂ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ମାପିବାକୁ ହେଲେ ମାପକଟିକୁ ସେଥିରେ ଭସାଇଦେଇ ଦଣ୍ଡର ସଂଖ୍ୟାଟି କେବଳ ଟିପି ରଖିବାକୁ ହେବ ।



(ଚିତ୍ର 89)

ଭରି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଏହି ମାପକଟିର ଅଳ୍ପ ଅଂଶ ବୁଡୁଛି; କିନ୍ତୁ ହାଲୁକା ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ତା'ର ବେଶୀ ଅଂଶ ବୁଡୁଛି । ସେଥିହେତୁ ତାହାର ଦଣ୍ଡର ଅଙ୍କିତ ସଂଖ୍ୟାଗୁଡ଼ିକ ଉପରୁ ତଳକୁ ବଢ଼ି ବଢ଼ି ଯାଇଛି । ସାଧାରଣତଃ ଗୋଟିଏ ସେଟ୍ (Set) ରେ ଦୁଇଗୋଟି ମାପକ ରହେ । ସେଥିରୁ ଗୋଟିକରେ 0·7 ଠାରୁ 1·00 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଚିହ୍ନିତ ହୋଇଥାଏ; ପୁଣି ଅନ୍ୟଟିରେ 1·00 ଠାରୁ 2·00 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଚିହ୍ନିତ ହୋଇଥାଏ । ସଂଗ୍ରାହକ ବା ଷ୍ଟୋରେଜ ବ୍ୟାଟେରି (Storage Battery) ରେ ଥିବା ଅମ୍ଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା ମାପିବା ସକାଶେ ସାଧାରଣ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରକୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି ।

ଦୁଗ୍ଧର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ମାପିବା ସକାଶେ ଏକପ୍ରକାର ସାଧାରଣ ଯନ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି । ତାହା ଲାକ୍ଟୋମିଟର (Lactometer) ରୂପେ ପରିଚିତ । ତା'ର ଦଣ୍ଡର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଦାଗ ପାଖରେ W ଓ ସର୍ବନିମ୍ନ ଦାଗ ପାଖରେ M ଚିହ୍ନିତ ଅଛି । ଏହି ଦୁଇଦାଗ ମଧ୍ୟର ଅଂଶକୁ ତିନିଗୋଟି ଦାଗଦ୍ୱାରା ଚାରିଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରି ଦାଗଗୁଡ଼ିକ ପାଖରେ ଯଥାକ୍ରମେ 0·75, 0·5, 0·25 ତଳ ଉପରକୁ ଚିହ୍ନିତ କରାଯାଇଛି ।

ଉଦାହରଣ :

(1) ବରଫର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 0·915 ଓ ସମୁଦ୍ର ଜଳର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 1·025 । ଖଣ୍ଡେ ବରଫ ଶିଳା ସମୁଦ୍ର ଜଳରେ ଭସୁଛି । ବରଫ ଶିଳାର ଜଳ ବାହାରେ ଥିବା ଅଂଶ ଓ ତାହାର ଆୟତନର ଅନୁପାତ ନିରୂପଣ କର ।

ମନେକର ବରଫଶିଳାର ସମୁଦାୟ ଆୟତନ v ଘନ ସେ:ମି: ଓ ଜଳ ବାହାରେ ଥିବା ଆୟତନ υ ଘନ ସେ:ମି: ।

ବରଫ ଶିଳାର ଓଜନ $= v \times 0{\cdot}915$ ଗ୍ରାମ୍

ବରଫ ଶିଳାଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ସମୁଦ୍ର ଜଳର ଆୟତନ $= v - \upsilon$ ଘନ ସେ:ମି:

ଅପସାରିତ ସମୁଦ୍ର ଜଳର ଓଜନ$=(\mathrm{v}-\upsilon)\times1{\cdot}025$ ଗ୍ରାମ୍
ଭସମାନର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମାନୁଯାୟୀ—
ଭସମାନ ବସ୍ତୁର ଓଜନ=ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ

$$\therefore\ \mathrm{v}\times0{\cdot}915=(\mathrm{v}-\upsilon)\times1{\cdot}025$$

ବା $\upsilon=\dfrac{(1{\cdot}025-0{\cdot}915)\mathrm{v}}{1{\cdot}025}=\dfrac{0{\cdot}110}{1{\cdot}025}\,\mathrm{v}$

$$\therefore\ \frac{\upsilon}{\mathrm{v}}=\frac{0{\cdot}110}{1{\cdot}025}=\frac{110}{1025}$$

∴ ବରଫ ଶିଳାର ଜଳ ବାହାରେ ଥିବା ଅଂଶର ଆୟତନ : ତା'ର ସମୁଦାୟ ଆୟତନ $=\dfrac{22}{205}$ ।

(2) ଗୋଟିଏ ସୁଷମ ସିଲିଣ୍ଡର କୌଣସି ଜାର୍‌ର ଜଳରେ ସିଧାରେ ଭସୁଛି । ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟର 6 ସେ:ମି: ଜଳରେ ବୁଡ଼ି ରହିଛି । ତାକୁ ନେଇ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଭସାଇଲେ ତା'ର ଦୈର୍ଘ୍ୟର 7·5 ସେ:ମି: ସେଥିରେ ବୁଡ଼ି ଯାଉଛି । ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ପରିବର୍ତ୍ତୀ ନିମଜ୍ଜନ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ—

$$\frac{\text{ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା}}{\text{ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା}}=\frac{\text{ଜଳରେ ବୁଡ଼ିବା ଗଭୀରତା}}{\text{ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ିବା ଗଭୀରତା}}=\frac{6{\cdot}00\text{ ସେ:ମି:}}{7{\cdot}5\text{ ସେ:ମି:}}=\frac{4}{5}=0{\cdot}8$$

∴ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା$=0{\cdot}8$

(3) 50 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ନିକଲ୍‌ସନ୍ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରକୁ କୌଣସି ଜାର୍‌ସ୍ଥ ଜଳରେ ଭସାଇଲେ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇବା ସକାଶେ 2 ଗ୍ରାମ୍‌ର ବଟକର ଉପର ପଲରେ ପକାଇବାକୁ ହୁଏ । ସେହି ହାଇଡ୍ରୋମିଟରକୁ କୌଣସି ଜାର୍‌ସ୍ଥ ଦ୍ରବଣରେ ଭସାଇଲେ ସେହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ାଇବା ସକାଶେ 9·8 ଗ୍ରାମ୍‌ର ବଟକର ଉପର ପଲରେ ପକାଇବାକୁ ହୁଏ । ଦ୍ରବଣର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ—

ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଓଜନ $w=50$ ଗ୍ରାମ୍ ।
ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ଦ୍ରବଣରେ ଭସୁଥିବା ବେଳେ ତାହାର ସମୁଦାୟ ଓଜନ
$w+\omega_1=50+9{\cdot}8=59{\cdot}8$ ଗ୍ରାମ୍ ।
ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ସେହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳରେ ଭସୁଥିବାବେଳେ
ତାହାର ସମୁଦାୟ ଓଜନ $w+\omega_2=50+2=52$ ଗ୍ରାମ୍ ।

ଉଭୟ ସ୍ଥଳରେ ସମ ଆୟତନର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଅପସାରିତ ହେଉଥିବା ଯୋଗୁଁ

ଦ୍ରବଣର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $=\dfrac{w+\omega_1}{w+\omega_2}=\dfrac{59{\cdot}8\text{ ଗ୍ରାମ୍}}{52\text{ ଗ୍ରାମ୍}}=1{\cdot}15$

∴ ଦ୍ରବଣର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା$=1{\cdot}15$

(4) ବାୟୁର ଓଜନ-ସାନ୍ଦ୍ରତା 0·060 ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ ଥିବା ଉଚ୍ଚରେ କୌଣସି ଏକ ବେଲୁନ୍ ଉଡ଼ିବ, ସେହି ଉଚ୍ଚତାରେ ବେଲୁନ୍‌ର ଆୟତନ 800 ଘନଫୁଟ; ପୁଣି ତାହା ଉଦ୍‌ଜାନ ($D=0{\cdot}0050$ ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ) ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥିଲେ, ତାହା କେତେ ପରିମାଣର ଭର ବହନ କରିପାରିବ ? ଥଳିର ଓଜନ $W_b=30$ ପାଉଣ୍ଡ ।

$W=VD.$

ବିସ୍ଥାପିତ ବାୟୁର ଓଜନ $W_a=800$ ଘନଫୁଟ $\times 0{\cdot}060$ ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ
$=48$ ପାଉଣ୍ଡ ।

ଉଦ୍‌ଜାନର ଓଜନ $W_H=800$ ଘନଫୁଟ $\times 0{\cdot}0050$ ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ
$=4$ ପାଉଣ୍ଡ ।

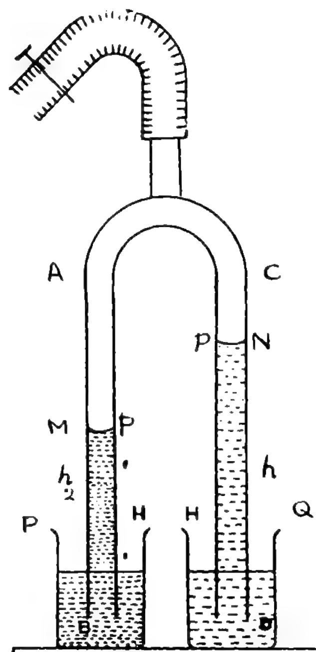
ବହନ କରିବା ଭର

$L=W_a-W_H-W_b=48$ ପାଉଣ୍ଡ—4 ପାଉଣ୍ଡ—30 ପାଉଣ୍ଡ
$=14$ ପାଉଣ୍ଡ

16.7 ସମଭାର ସ୍ତମ୍ଭଦ୍ୱାରା ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :
ହେୟାରଙ୍କ ଯନ୍ତ୍ର (Hare's Apparatus) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିରୂପଣ କରଯାଏ ।

ଏଥିରେ ଦୁଇଗୋଟି କାଚନଳୀ AB ଓ CD (ଚିତ୍ର 90) ଭୂଲମ୍ବରେ ରହିଛି । ନଳୀ ଦୁଇଟି ଉପର ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ T ଆକାରର ନଳୀ ସହିତ ସଂଯୋଗ କରଯାଇଛି । T ନଳୀର ଭୂଲମ୍ବ ଅଂଶକୁ ଖଣ୍ଡେ ରବର ନଳୀ ଲଗିଛି । ରବର ନଳୀଟିରେ ଗୋଟିଏ ରୋଧନୀ (Pinch cock) ଲଗିଛି । ନଳୀ ଦୁଇଟିର ତଳମୁଣ୍ଡ B ଓ D ଯଥାକ୍ରମେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥପୂର୍ଣ୍ଣ ଓ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ବିକରରେ ବୁଡ଼ିରହିଛି ।



(ଚିତ୍ର 90)

ପରୀକ୍ଷା :

ପ୍ରଥମେ ବିକର୍ ଦୁଇଟିର ଜଳ ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠକୁ ଏକ ସମତଳ (Level) ରେ ରଖ । ତା'ପରେ ରୋଧନୀ ଖୋଲି ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟରୁ କିଛି ବାୟୁ ଶୋଷଣ କରି ନିଅ, ଯେପରିକି ନଳୀ ଦୁଇଟିରେ ଜଳ ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଯଥେଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିବ । ଏବେ ରୋଧନୀ ବନ୍ଦ କରିଦିଅ ।

ଜଳ ବିକରର ଜଳପତନଠାରୁ ନଳୀରେ ଉଠିଥିବା ଜଳ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା h_1 ମାପି ଲେଖ । ସେହିପରି ଅନ୍ୟ ବିକର୍‌ର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପତନଠାରୁ ନଳୀରେ ଉଠିଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା h_2 ମାପି ଲେଖ । ଏହି ଦୁଇଟି ଉଚ୍ଚତାର ଅନୁପାତ, ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{h_1}{h_2}$ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ।

ତାତ୍ତ୍ୱିକ କଟମନ :

ମନେକର ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା d_1 ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା d_2 । ଆହୁରିମଧ୍ୟ ମନେକର ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଦୁଇଟିର ସମତଳ M ଓ N ଉପରେ ଥିବା ବାୟୁର ଗ୍ରପ P ଓ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଗ୍ରପ H ।

AB ନଳୀରେ P ବିନ୍ଦୁଠାରେ (ଯାହାକି ବିକ୍‌ରର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପୃଷ୍ଠ ସହ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ) ଗ୍ରପ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଗ୍ରପ H ସହିତ ସମାନ ।

ଅର୍ଥାତ୍ $p+h_2d_2g=H$ .... (1)

ସେହିପରି CD ନଳୀରେ Q ଯଦି ଗୋଟିଏ ସମତଳସ୍ଥ ବିନ୍ଦୁ ହୁଏ, ତେବେ Q ଠାରେ ଗ୍ରପ ମଧ୍ୟ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଗ୍ରପ H ସହିତ ସମାନ

ଅର୍ଥାତ୍ $p+h_1d_1g=H$ .... (2)

(1) ଓ (2) ରୁ $p+h_1d_1g=p+h_2d_2g$

ବା $h_2d_2=h_1d_1$

$\therefore$ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $=\frac{d_2}{d_1}=\frac{h_1}{h_2}$

$=\frac{\text{ଜଳ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା}}{\text{ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା}}$

ପରସ୍ପର ସହ ମିଶି ଯାଉଥିବା ଯେକୌଣସି ଦୁଇଟି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟି ସୁବିଧାଜନକ ।

ଉଦାହରଣ—

(1) ହେୟାରଙ୍କ ଯନ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରଯାଇଥିବା କୌଣସି ପରୀକ୍ଷାରେ ଜଳସ୍ତମ୍ଭ ଓ କିରସିନିସ୍ତମ୍ଭ ଯଥାକ୍ରମେ 21·33 ସେ:ମି: ଓ 25·6 ସେ:ମି: ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିଥିଲା । କିରସିନିର ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଆହୁରିମଧ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁର ଗ୍ରପ ନିରୂପଣ କର । (ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା=0·996 ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି: ଓ ପାରଦର ସାନ୍ଦ୍ରତା 13·59 ଗ୍ରାମ୍:/ଘନ ସେ:ମି: ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳର ଗ୍ରପ=75·92 ସେ:ମି: (ପାରଦ)

(କ) କିରସିନିର ସାନ୍ଦ୍ରତା$=d_2$ ଓ ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା$=d_1$ ଧରଗଲେ

ସମଭର ସ୍ତମ୍ଭର ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ

$h_1d_1=h_2d_2$

$21{\cdot}33\times0{\cdot}996=25{\cdot}6\times d_2$

$\therefore d_2=\frac{21{\cdot}33\times0{\cdot}996}{25{\cdot}6}=0{\cdot}83$ ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି: ।

(ଖ) ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଗ୍ରପ, $H=75{\cdot}92$ ସେ:ମି: ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭ

ମନେକର ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଗ୍ରପ $=P$

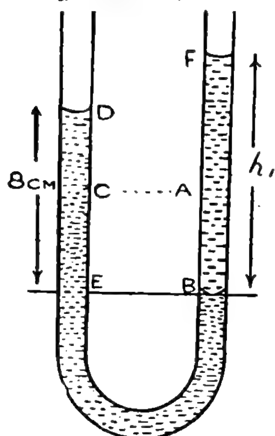
ତେବେ $H=P+\frac{h_1d_1}{13{\cdot}59}\;\therefore P=H-\frac{h_1d_1}{13{\cdot}59}$

$=75{\cdot}92-\frac{21{\cdot}33\times{\cdot}996}{13{\cdot}59}$ ସେ:ମି:

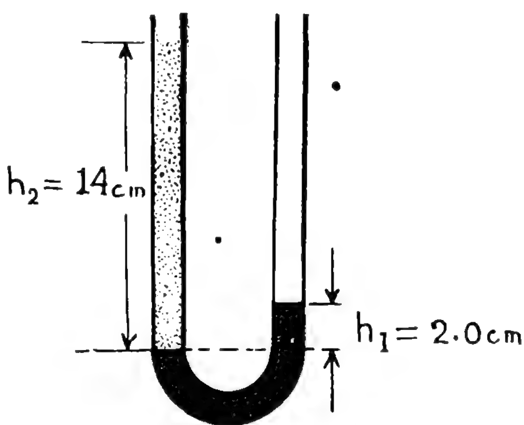
$=75{\cdot}92-1{\cdot}56=74{\cdot}36$ ସେ:ମି: ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭ

(2) ସମପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ U ନଳୀରେ କିଛି ଜଳ ପୂରାଇ ଦିଆଗଲା । ତା'ପରେ ଗୋଟିଏ ପାଖର ନଳୀରେ କିଛି କିରାସିନି ଭର୍ତ୍ତି କରାଗଲା । ଯଦି କିରାସିନି ଭର୍ତ୍ତି କରିବାଦ୍ୱାରା ନଳୀର ଜଳର ସମତଳ 4 ସେ:ମି: ତଳକୁ ଖସିଯାଏ, ତେବେ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ କିରାସିନି ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା କେତେହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର (କିରାସିନିର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା = 0·8) ।

କିରାସିନି ଭର୍ତ୍ତି କରିବା ନଳୀରେ ଜଳର ସମତଳ A ଠାରୁ B ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 4 ସେ:ମି: ତଳକୁ ଖସିଲା (ଚିତ୍ର ନଂ 91); ଫଳରେ ଅନ୍ୟ ନଳୀରେ ଜଳର ସମତଳ C ଠାରୁ



(ଚିତ୍ର 91)



(ଚିତ୍ର 91 କ)

D ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 4 ସେ:ମି: ଉପରକୁ ଉଠିଲା । ଦୁଇ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଜଳର ସମତଳର ପ୍ରଭେଦ $h_2 = 8$ ସେ:ମି:

ମନେକରେ ଅନ୍ୟ ନଳୀରେ କିରାସିନିର ସମତଳ F ଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ ଓ $BF = h_1$

ସମଭର ସ୍ତମ୍ଭର ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ

$h_1 d_1 = h_2 d_2$ ବା $h_1 \times 0{\cdot}8 = 8 \times 1$

$\therefore\ h_1 = \frac{8}{0{\cdot}8} = 10$ ସେ:ମି:

(3) ଗୋଟିଏ U-ନଳୀରେ (ଚିତ୍ର ନଂ: 91 (କ)) ଡ଼ାହାଣ ପାର୍ଶ୍ୱବାହୁ ପାରଦପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଅଛି । ଅନ୍ୟ ବାହୁଟି ଅଜ୍ଞାତ ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଅଛି । ଚିତ୍ରରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲଭଳି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଦୁଇଟିର ସମତଳ ରହିଅଛି । ତରଳ ପଦାର୍ଥଟିର ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ପୃଥକୀକରଣ ସମତଳଠାରେ, ଦୁଇଟି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ ସମାନ । ସେହି ସମତଳରେ ପାରଦର ଚାପ $p_1 = p + h_1 d_1 g$

ପୁଣି ଅଜ୍ଞାତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ

$p_2 = p + h_2 d_2 g.$

$\therefore\ h_1 d_1 g = h_2 d_2 g$

ଅଥବା $d_2 = \frac{h_1 d_1}{h_2} = \frac{(2{\cdot}0 \text{ ସେ:ମି: })\ (13{\cdot}6 \text{ ଗ୍ରାମ/ଘନ ସେ:ମି: })}{14 \text{ ସେ:ମି:}}$

$= 1{\cdot}9$ ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି:

ସାରାଂଶ

1. ଭସମାନ ବସ୍ତୁର ନିୟମ:— (1) କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତାଠାରୁ କମ୍ ହେଲେ ବସ୍ତୁଟି ସେହି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଭସେ ।
(2) ଭସମାନ ବସ୍ତୁର ଓଜନ ତାହାଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ।

2· ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ଦୁଇପ୍ରକାରର:— (କ) ସ୍ଥିର ନିମଜ୍ଜନ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ଓ
(ଖ) ପରିବର୍ତ୍ତୀ ନିମଜ୍ଜନ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର

(କ) ସ୍ଥିର ନିମଜ୍ଜନ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରରେ ଓଜନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଏହାକୁ ବିଭିନ୍ନ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ାଇବାକୁ ହୁଏ । ତଦ୍ୱାରା ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଆୟତନ ସମାନ ରହେ ।
ଏଥିରେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (d)

$$= \frac{W_2}{W_1} = \frac{\text{ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଭସିବାବେଳେ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଓଜନ}}{\text{ଜଳରେ ଭସିବାବେଳେ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଓଜନ}}$$

(ଖ) ପରିବର୍ତ୍ତୀ ନିମଜ୍ଜନ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରେ ଓଜନ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରଖି ବିଭିନ୍ନ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ତାକୁ ବୁଡ଼ାଇଲେ ତାହା ବିଭିନ୍ନ ଗଭୀରତାକୁ ବୁଡ଼େ ଓ ଅପସାରିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଓଜନ ସମାନ ରହେ ।
ଏଥିରେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (d)

$$= \frac{h_1}{h_2} = \frac{\text{ଜଳରେ ବୁଡ଼ିବା ଗଭୀରତା}}{\text{ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ିବା ଗଭୀରତା}}$$

3. ନିକଲ୍‌ସନ୍ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର:—ଏହା ଏକ ସ୍ଥିର ନିମଜ୍ଜନ ପ୍ରକାରର ହାଇଡ୍ରୋମିଟର । ଏହାକୁ ବ୍ୟବହାର କରି କୌଣସି ପଦର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଏ ।

(କ) କଠିନ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (S)

$$= \frac{M_1-M_2}{M_9-M_2} = \frac{\text{ବାୟୁରେ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ}}{\text{ପଦାର୍ଥ ଜଳରେ ହରାଇବା ଓଜନ}}$$

(ହାଇଡ୍ରୋମିଟରକୁ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇବା ସକାଶେ ଦରକାର ହେବା ଓଜନ: M_1; ବସ୍ତୁ ଉପର ପଲାରେ ଥିବାବେଳେ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ଓଜନ: M_2 ଓ ବସ୍ତୁ ତଳ ପଲାରେ ଥିବା ବେଳେ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ଓଜନ: M_3 ।)

(ଖ) ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (S)

$$= \frac{W_0+W_2}{W_0+W_1} = \frac{\text{ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଆୟତନ ସହିତ ସମାନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ}}{\text{ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଆୟତନ ସହିତ ସମାନ ଜଳର ଓଜନ}}$$

(ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଓଜନ: W_0; ଜଳରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ଓଜନ: W_1 ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ଓଜନ: W_2 ।)

4. ସାଧାରଣ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର:—ଏହା ପରିବର୍ତ୍ତୀ ନିମଜ୍ଜନ ପ୍ରକାରର ହାଇଡ୍ରୋମିଟର । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ସଂଗ୍ରାହକ ବ୍ୟାଟେରି (Storage Battery) ଏସିଡ୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ମାପ କରାଯାଏ । ଗୋଟିଏ ସେଟ୍ (set) ରେ ଦୁଇଟି ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ରହୁଛି । ଗୋଟିକରେ 0·7 ଠାରୁ 1·0 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଓ ଅନ୍ୟଟିରେ 1·0 ଠାରୁ 2·0 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଚିହ୍ନିତ ହୋଇଥାଏ ।

5. ଲାକ୍‌ଟୋମିଟର:—ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଗ୍ଧର ସାନ୍ଦ୍ରତା ମାପ କରାଯାଉଛି ଓ ଦୁଗ୍ଧ ବିଶୁଦ୍ଧ କି ଜଳ ମିଶ୍ରିତ ସହଜରେ ଜାଣି ହେଉଛି ।

6. ହେୟାରଙ୍କ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିରୂପଣ କରାଯାଏ ।
ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (d)

$$= \frac{h_1}{h_2} = \frac{\text{ବିକର୍‌ର ଜଳ ପରନଠାରୁ ଜଳ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା}}{\text{ବିକର୍‌ର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପରନଠାରୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା}}$$ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ଭସମାନ ବସ୍ତୁର ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ଲେଖ ।
0·91 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ଖଣ୍ଡେ ବରଫ 1·025 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ସମୁଦ୍ର ଜଳରେ ଭସୁଛି । ବରଫ ଖଣ୍ଡଟିର ଜଳମଗ୍ନ ଅଂଶର ଆୟତନ ଓ ତାହାର ପୂର୍ଣ ଆୟତନର ଅନୁପାତ ନିରୂପଣ କର । (ଉ: ଆୟତନର 0·8878 ଅଂଶ)

2. 0·25 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ଖଣ୍ଡେ ସୋଲ ଜଳରେ ଭସୁଛି । ତା'ର ଜଳ ବାହାରେ ଥିବା ଅଂଶର ଆୟତନ ଓ ତା'ର ଆୟତନର ଅନୁପାତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: ଆୟତନ ଦୁଇଟିର ଅନୁପାତ 0·75)

3. ସ୍ପଷ୍ଟ ଚିତ୍ରସହ ଗୋଟିଏ ସାଧାରଣ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

4. (କ) ଚିତ୍ରସହ ଗୋଟିଏ ନିକଲ୍‌ସନ୍‌ଙ୍କ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।
(ଖ) ଏହି ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କି ରୂପେ ନିରୂପଣ କରିବ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

5. ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କହିଲେ କଅଣ ବୁଝାଯାଏ ? କାଠର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କିପରି ନିରୂପଣ କରିବ ଲେଖ ।

6. ନିକଲ୍‌ସନ୍‌ଙ୍କ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଗୋଟିଏ ଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କରି ତାହାର କାର୍ଯ୍ୟ ପ୍ରଣାଳୀ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଖଣ୍ଡେ ସୋଲର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କିପରି ନିରୂପଣ କରିବ ଲେଖ । (ଉତ୍କଳ: 1970 ବାର୍ଷିକ)

7. 0·6 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଥିବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଗୋଟିଏ ନିକଲ୍‌ସନ୍‌ଙ୍କ ହାଇଡ୍ରୋମିଟର ଠିକ୍ ତାହାର ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ିରହେ । କିନ୍ତୁ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇଲେ ଠିକ୍ ସେହି ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ାଇବାକୁ 20 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନର ବଟକରା ଦରକାର ହୁଏ । ମାପକଟିର ଓଜନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 30 ଗ୍ରାମ୍)

8. ଗୋଟିଏ ଗ୍ଲାସରେ ଥିବା ପାଣିରେ ଖଣ୍ଡେ ବରଫ ଭସୁଛି । ତାହାର ଆୟତନର $\frac{1}{10}$ ଅଂଶ ପାଣି ବାହାରେ ରହିଛି । ବରଫର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 0·9)

9. 18·2 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସାଧାରଣ ହାଇଡ୍ରୋମିଟରର ଦଣ୍ଡଟି ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଅଟେ । ଦଣ୍ଡଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 15 ସେ:ମି: ଓ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ 1·00 ସେ:ମି: । ମାପକଟିକୁ ଜଳରେ ଭସାଇଲେ ତାହା ତାହାର ଦଣ୍ଡର ଉପର ମୁଣ୍ଡରେ ଥିବା ଶୂନ୍ୟ ଚିହ୍ନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୁଡ଼ି ରହେ । 1·26 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ଗ୍ଲିସେରିନ୍ (Glycerine) ରେ ତାକୁ ଭସାଇଲେ ତାହାର ଦଣ୍ଡର ଶୂନ୍ୟ ଚିହ୍ନ ଠାରୁ କେତେ ତଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାହା ଗ୍ଲିସେରିନ୍‌ରେ ବୁଡ଼ି ରହିବ ? (ଉ: 12·3 ସେ:ମି:)

10. 30 ଫୁଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 15 ଫୁଟ ପ୍ରସ୍ଥବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଡଙ୍ଗାରେ ଗୋଟିଏ ହାତୀ ଚଢ଼ିବାରୁ ଡଙ୍ଗାଟି 4 ଇଞ୍ଚ ପାଣିରେ ବୁଡ଼ିଗଲା । ହାତୀଟିର ଓଜନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 9375 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ)

11. ଜଳରେ ଭସୁଥିବା ଗୋଟିଏ କଠିନ ବସ୍ତୁର ଆୟତନର $\frac{1}{6}$ ଅଂଶ ଜଳ ବାହାରେ ରହିଛି । ତାକୁ ନେଇ 1·2 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଭସାଇଲେ ତା'ର ଆୟତନର କେତେ ଅଂଶ ବାହାରେ ରହିବ ? (ଉ : $\frac{11}{36}$ ଅଂଶ)

12. ସୀସାଗୁଳି ପୂରାଇ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା ନଳୀକୁ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସ୍ପିରିଟରେ ଭସାଇବାରୁ ଗୁଳିସହିତ ନଳୀର ଓଜନ 17·1 ଗ୍ରାମ୍ ହେଲା । ନଳୀଟିରେ ଆଉକିଛି ସୀସାଗୁଳି ପକାଇ ତାକୁ ପୂର୍ବ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦାଗ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳରେ ଭସାଇବାରୁ ଗୁଳି ସହ ତାହାର ଓଜନ 20·3 ଗ୍ରାମ୍ ହେଲା । ସ୍ପିରିଟର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିରୂପଣ କର । (ଉ: 0·842)

13. ଗୋଟିଏ U ନଳୀରେ ଜଳ ପୂରାଇବାରୁ ତାହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାଖରେ 13 ସେ:ମି: ଉଚ୍ଚକୁ ଜଳ ଉଠିଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ 0·8 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାର କିରୋସିନି ନେଇ ନଳୀର ଗୋଟିଏ ପାଖରେ ପୂରାଇଲେ ସେହି ପାଖର ଜଳସ୍ତମ୍ଭକୁ 3·6 ସେ:ମି: ତଳକୁ ଖସାଇବା ସକାଶେ କେତେ ଉଚ୍ଚର କିରୋସିନି ସ୍ତମ୍ଭ ଦରକାର ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 9 ସେ:ମି:)

14. ହେୟାରଙ୍କ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା କି ରୂପେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବ ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

ଗୋଟିଏ ହେୟାରଙ୍କ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଜଳ ଓ 1·2 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାର କୌଣସି ଦ୍ରବଣ, ଦୁଇଟି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଛି । ବିକର୍‌ର ଦ୍ରବଣର ପତନ ଠାରୁ ଦ୍ରବଣ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା 18·5 ସେ:ମି: ହେଉଛି । ଜଳ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା କେତେ ହେବ ବାହାର କର ।

(ଉ: 22·2 ସେ:ମି:)

15. କୌଣସି ହେୟାରଙ୍କ ଯନ୍ତ୍ରର ଗୋଟିଏ ନଳୀ 0·8 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ କିରାସିନିରେ ଓ ଅନ୍ୟ ନଳୀଟି 1·15 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ଦ୍ରବଣରେ ବୁଡ଼ି ରହିଛି । ଯନ୍ତ୍ରରୁ କିଛି ବାୟୁ ବାହାର କରିବାରୁ ଦ୍ରବଣରେ ବୁଡ଼ି ରହିଥିବା ନଳୀରେ ଦ୍ରବଣ 15 ସେ:ମି: ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିଲା । ଅନ୍ୟ ନଳୀରେ କିରାସିନି କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ପରିମାଣ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉ: 21·56 ସେ:ମି: ଓ 74·55 ସେ:ମି:ର ପାରଦ)

16. 250 କି:ଗ୍ରା: ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୋଟିଏ ବେଲୁନ୍‌ରେ 400 ଘନ ମିଟର ଉଦଜାନ ଅଛି । ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା 1200 ଗ୍ରାମ୍ / ଘନ ମିଟର ହେଲେ ବେଲୁନ୍‌ଟିର ବାସ୍ତବିକ ଉତ୍ତୋଳନ ବଳ କେତେ ? (ଉ: 194 କି:ଗ୍ରା:)

17. 165·0 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ଜଣେ ପୁରୁଷ କୌଣସି ହ୍ରଦରେ ତାହାର ଶରୀରର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ଅଂଶ ବୁଡ଼ାଇ ଭାସୁଛି । ତାହାର ଆୟତନ କେତେ ?

(ଉ: 2·64 ଘନ ଫୁଟ)

18. ଜଳରେ ସନ୍ତରଣ କରିବା ବେଳେ, ତୁମେ ଯଦି ଗଭୀର ପ୍ରଶ୍ୱାସ ନିଅ, ତେବେ ତୁମ ଶରୀରର ଅଧିକ ନା ଊଣା ଅଂଶ ଜଳ ବାହାରେ ରହି ତୁମେ ଭାସିବ ? ଏହା ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

———

ସପ୍ତଦଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ବାୟୁମଣ୍ଡଳ

(The Atmosphere)

ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର ଚାରିଆଡେ ବାୟୁ ପୂରିରହିଛି । ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଇଥିଲେ ମଧ୍ୟ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ପ୍ରାୟ 500 କି:ମି: ଉଚ୍ଚତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପୃଥିବୀକୁ ବାୟୁ ଘେରି ରହିଅଛି । ଏହି ବାୟୁ ସମୁଦ୍ରଟି ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ନାମରେ ପରିଚିତ । ବାୟୁର ପ୍ରଧାନ ଉପାଦାନ ଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି ଯବକ୍ଷାରଜାନ (ଶତକଡ଼ା ପ୍ରାୟ 78 ଭାଗ) ଓ ଅମ୍ଳଜାନ (ଶତକଡ଼ା ପ୍ରାୟ 21 ଭାଗ) । ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଓ ଜଳୀୟ ବାଷ୍ପ ମଧ୍ୟ ଏଥିରେ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣରେ ରହିଛି । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ହିଲିୟମ୍, ଆରଗନ୍, ନିଅନ୍, ଜିନନ୍ ଓ କ୍ରିପ୍‌ଟନ୍ ପ୍ରଭୃତି ଦୁଷ୍ପ୍ରାପ୍ୟ ଗ୍ୟାସ୍ ମଧ୍ୟ ଏଥିରେ ଅତି ଅଳ୍ପ ମାତ୍ରାରେ ମିଶି ରହିଛି ।

ବାୟୁର ଓଜନ ଅଛି :

ପରୀକ୍ଷା : ପ୍ରାୟ 300 ଘନ ସେ:ମି: ଆୟତନର ଗୋଟିଏ କାଚ ଫ୍ଲାସ୍କ ଆଣ । ସେଥିରେ ଅଳ୍ପ (ପ୍ରାୟ 20 ଘନ ସେ:ମି:ର) ଜଳ ଭର୍ତ୍ତିକର । ଫ୍ଲାସ୍କ ମୁହଁକୁ ଠିକ୍ ଖାପିଲା ଭଳି ରବର ଠିପିଟିଏ ଆଣ । ଫ୍ଲାସ୍କଟିକୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଗରମ କର । ବେଶୀ ଗରମ ହେଲେ ଫ୍ଲାସ୍କର ଜଳ ଫୁଟି ବାଷ୍ପ ହୋଇଯିବ । ସେହି ବାଷ୍ପ ଫ୍ଲାସ୍କ ଭିତରୁ ସମସ୍ତ ବାୟୁ ବାହାରକୁ ବାହାର କରିଦେଇ ତା'ର ସ୍ଥାନ ପୂରଣ କରିବ । ଯେତେବେଳେ ଫ୍ଲାସ୍କଟିଯାକ ବାଷ୍ପପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଯିବ ଓ କିଛି ବାଷ୍ପ ପଦାକୁ ବାହାରିବ, ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ଫ୍ଲାସ୍କ ମୁହଁରେ ନିବୁଜ କରି ଠିପି ଲଗାଇ ବନ୍ଦ କରିଦିଅ । ତାପରେ ଫ୍ଲାସ୍କଟିକୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଥଣ୍ଡାକର । ଦେଖିବ ବାଷ୍ପଯାକ ପୁଣି ଶୀତଳ ହୋଇ ଜଳ ହୋଇଯିବ ଓ ଫ୍ଲାସ୍କର ଜଳସହ ମିଶିଯିବ । ଫ୍ଲାସ୍କରେ ଥିବା ଜଳର ଆୟତନ 20 ଘନ ସେ:ମି: ଠାରୁ ଆହୁରି ଊଣା ଦେଖାଯିବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଫ୍ଲାସ୍କ ଭିତରେ ଜଳ ଉପର ସ୍ଥାନଟି ଶୂନ୍ୟ (Vacuum) ହୋଇଯିବ । ଫ୍ଲାସ୍କର ମୁହଁ ବନ୍ଦ ଥିବାରୁ ତା' ଭିତରେ ବାହାର ବାୟୁ ପ୍ରବେଶ କରିପାରିବ ନାହିଁ ।

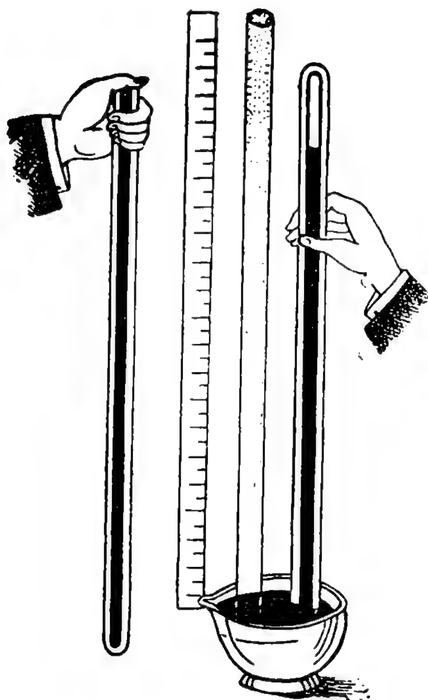
ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ଫ୍ଲାସ୍କଟିକୁ ଗୋଟିଏ ସୂକ୍ଷ୍ମ ତରାଜୁରେ ଓଜନ କରି ତାହାର ଓଜନ W_1 ଲେଖିରଖ । ତାପରେ ଠିପିଟିକୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଖୋଲିଦିଅ । ବାୟୁ ଶବ୍ଦ କରି ଫ୍ଲାସ୍କ ଭିତରେ ପ୍ରବେଶ କରିବ । ପୁଣି ଠିପିଟିକୁ ଲଗାଇ ଦେଇ ଆଉଥରେ ଫ୍ଲାସ୍କଟିକୁ ଓଜନ କର । ଓଜନ W_2 ଲେଖିରଖ । ଦେଖିବ W_1ଠାରୁ W_2 ସାମାନ୍ୟ ବେଶୀ ହେବ । ଫ୍ଲାସ୍କଟି 300 ଘନ ସେ:ମି: ଆୟତନର ହୋଇଥିଲେ W_1ଠାରୁ W_2 ପ୍ରାୟ 0·384 ଗ୍ରାମ୍ ବେଶୀ ହେବ । ଏହି ବେଶୀ ଓଜନଟି ଫ୍ଲାସ୍କରେ ଥିବା ବାୟୁର ଓଜନ ।

ଏହି ପରୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ, ବାୟୁର ଓଜନ ଅଛି । ବାୟୁର ଯଦି ଓଜନ ଅଛି ତାହାହେଲେ ତାହାର ଚାପ ମଧ୍ୟ ଥିବା କଥା ।

ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଚାପ ଭୂପୃଷ୍ଠର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ପଡ଼ିଥାଏ । କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ବାୟୁର ଚାପର ପରିମାଣ ହେଉଛି—ବିନ୍ଦୁ ଚାରିପାଖରେ ଭୂ-ସମାନ୍ତରରେ ଥିବା ଏକ ବର୍ଗ ସେ:ମି: କ୍ଷେତ୍ର ଉପରେ ଭୂଲମ୍ବରେ ରହିଥିବା ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଓଜନ । ଏହି ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା

କମ୍ ହୋଇଥିଲେ ସୁଦ୍ଧା ଏହା ଭୂପୃଷ୍ଠ ଉପରକୁ ପ୍ରାୟ 500 କି:ମି: ଉଚ୍ଚ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବ୍ୟାପି ଥିବାରୁ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଏହାର ଚାପ ଯଥେଷ୍ଟ ବେଶୀ । ଏହାର ପରିମାଣ ହେଉଛି ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ପ୍ରତି ପ୍ରାୟ 15 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ, କିମ୍ବା ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ପ୍ରାୟ 1 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ । ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ ଯେପରି ସବୁ ଦିଗରେ ପଡ଼େ ବାୟୁର ଏହି ଚାପ ମଧ୍ୟ ସବୁ ଦିଗରେ ପଡ଼େ । ଯେ କୌଣସି ପୃଷ୍ଠରେ ନିହିତ ବାୟୁର ଭର (Thrust) ଖୁବ୍ ବେଶୀ । ଉଦାହରଣ-ସ୍ୱରୂପ 20′×20′ର ଗୋଟିଏ କୋଠରୀର ଛାତ ଉପରଆଡ଼ୁ ପଡ଼ିବା ବାୟୁର ଭର ପ୍ରାୟ 386 ଟନ ଓଜନ । କିନ୍ତୁ ସେଥି ସହିତ ସମାନ ପରିମାଣର ବାୟୁର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ ଛାତକୁ ତଳଆଡ଼ୁ ଉପରକୁ ଠେଲି ରଖୁଛି । ସେଥିହେତୁ ଛାତଟି ସ୍ଥିର ରହିଛି; ନ ହେଲେ ଛାତଟି ବାୟୁର ଭର ଯୋଗୁଁ ଭାଙ୍ଗି ପଡ଼ନ୍ତା । ଆମ ଦେହରେ ମଧ୍ୟ ଚାରିଆଡ଼ୁ ବାୟୁର ଚାପ ପଡ଼େ, କିନ୍ତୁ ଆମର ଫୁସ୍‌ଫୁସ୍‌ରେ ଥିବା ବାୟୁ ଭିତରଆଡ଼ୁ ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଏହାର ପ୍ରତିତୁଳନ (Counteract) କରେ; ନ ହେଲେ ଆମ ଚାରିଆଡ଼ର ବାୟୁର ବଳଯୋଗୁଁ ଆମେ ଚିପି ହୋଇ ଚେପା ହୋଇଯାନ୍ତୁ ।

ତେବେ ବାୟୁର ଚାପ ମାପିବାକୁ ହେଲେ ପ୍ରାୟ 500 କି:ମି: ଉଚ୍ଚ ଏକ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଓଜନ ଆଣିବାକୁ ହେବ । କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବରେ ଏହା କରିବା ସମ୍ଭବପର ନୁହେଁ । ତେଣୁ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭ ବଦଳରେ ତାହା ସହିତ ସମାନ ଓଜନର ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ ଭାରୀ ପଦାର୍ଥର ସ୍ତମ୍ଭକୁ ଓଜନ କରି ବାୟୁର ଚାପ ମାପ କରାଯାଏ । ଏହି ଭାରୀ ପଦାର୍ଥଟି ହେଉଛି ପାରଦ । ବାୟୁର ଚାପ ମାପ କରିବା ସକାଶେ ପାରଦ ବ୍ୟବହାର କରି ନିର୍ମାଣ କରାଯାଇଥିବା ଯନ୍ତ୍ରଟି ପାରଦ ଚାପମାନ ବା ପାରଦ ବାରୋମିଟର ରୂପେ ପରିଚିତ ।



(ଚିତ୍ର 92)

17.1 ପାରଦ ଚାପମାନ ବା ବାରୋମିଟରର ନିର୍ମାଣ :

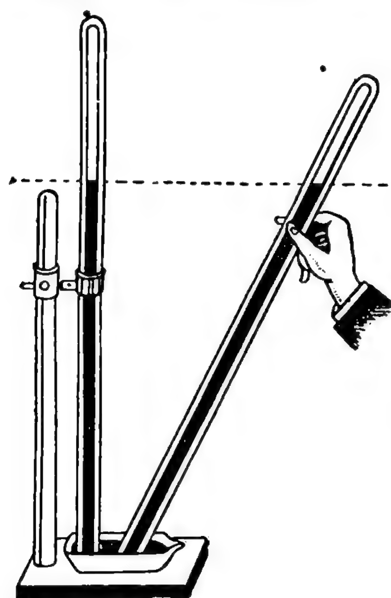
1643 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ଟରିସେଲି (Torricelli) ନାମକ ଜଣେ ଇଟାଲୀୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ପ୍ରଥମେ ପାରଦ ବ୍ୟବହାର କରି ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର ତିଆରି କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କ ପଦ୍ଧତି ଅନୁସାରେ ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ ଗୋଟିଏ ସରଳ ବାରୋମିଟର ନିମ୍ନମତେ ତିଆରି କରାଯାଇପାରେ ।

ପରୀକ୍ଷା :—

90 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ପ୍ରାୟ 1 ସେ:ମି: ବ୍ୟାସର ଗୋଟିଏ ଶକ୍ତ କାଚନଳୀ ଆଣି ତାହାର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ଗରମ କରି ବନ୍ଦ କରିଦିଅ । ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରରେ ପରିଷ୍କାର, ଶୁଖିଲା ପାରଦ ନେଇ ନଳୀଟିକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ପାରଦରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରିଦିଅ । ନଳୀଟିକୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ହଲାଇଦେଲେ ପାରଦ ସହିତ ରହିଯାଉଥିବା ବାୟୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍ ଉପରକୁ ଉଠି ବାହାରି ଯିବ । ସବୁ ବାୟୁ ବାହାର କରି ସାରିଲା ପରେ ନଳୀର

ଖୋଲା ମୁହଁକୁ ବୁଢ଼ା ଆଙ୍ଗୁଠି ଟିପରେ ଭଲଭାବରେ ବନ୍ଦକରିଦିଅ । ତା' ପରେ ନଳୀଟିକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ତଳମୁହାଁ କରି, ବାୟୁ ନ ପୂରଇ (ଚିତ୍ର ନଂ 92) ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ନଳୀର ଖୋଲା ମୁହଁଟି ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରରେ ଥିବା ପାରଦ ମଧ୍ୟରେ ବୁଡ଼ାଇ ରଖ । ବର୍ତ୍ତମାନ ନଳୀଟିକୁ ସେହି ପାତ୍ରରେ ଠିଆ କରିଦିଅ । ତାପରେ ଆଙ୍ଗୁଠି ଟିପକୁ ନଳୀ ମୁହଁରୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଉଠାଇ ଆଣ । ଦେଖିବ ନଳୀ ଭିତରେ ପାରଦର ପତନ ଖସି ଆସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚତାରେ ରହିବ । ନଳୀଟିକୁ ଷ୍ଟାଣ୍ଡ୍‌ରେ ଭିଡ଼ିରଖି ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା ମାପ । ଏହି ଉଚ୍ଚତା ପାତ୍ରରେ ଥିବା ପାରଦ ପତନ ଠାରୁ ପ୍ରାୟ 76·00 ସେ:ମି: (ଅଥବା 30 ଇଞ୍ଚ)ର ହେବ । ନଳୀରେ ଥିବା ପାରଦ ପତନ ଉପରକୁ ଥିବା ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ (Vacuum) ବୈଜ୍ଞାନିକ ଟରିସେଲିଙ୍କ ନାମ ଅନୁସାରେ 'ଟରିସେଲିୟନ୍-ଶୂନ୍ୟ' ନାମରେ ପରିଚିତ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ନଳୀଟିର ଖୋଲା ମୁହଁକୁ ପାତ୍ରର ପାରଦ ମଧ୍ୟରେ ଆଉ ଟିକିଏ ବେଶୀ ଗଭୀରକୁ ନିଅ । ଦେଖିବ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଛି । ତା'ପରେ ନଳୀଟିକୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ନୁଆଇଁ ଧର, (ଚିତ୍ର ନଂ 93) ଯେପରିକି ନଳୀର ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ପାରଦ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ପ୍ରବେଶ କରି ପରିଶେଷରେ ସମସ୍ତ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ପୂରଣ କରିବ । ନଳୀର ବନ୍ଦଥିବା ମୁଣ୍ଡକୁ ପାରଦ ବାଜିବାମାତ୍ରେ ଠକ କିମ୍ବା ଶବ୍ଦଟିଏ ମଧ୍ୟ ହେବ । ଦେଖିବ ଏବେ ମଧ୍ୟ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଭୂଲମ୍ବ ଉଚ୍ଚତା ପୂର୍ବପରି ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଛି । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ବାୟୁର ଚାପ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଥାଏ ।

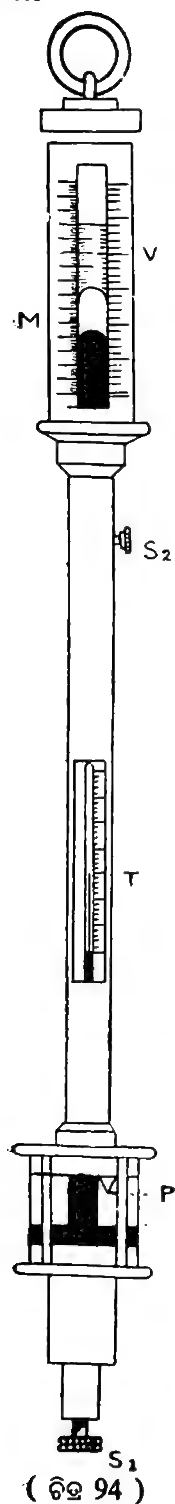


(ଚିତ୍ର 93)

ନଳୀର ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭ କିପରି ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ଦର୍ଶାଉଛି ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନ ବିଚାର କରାଯାଉ :

ଉପର ପରୀକ୍ଷାରେ ପାତ୍ରର ବାହାର ପାରଦପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସମତଳରେ ଥିବା ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ ସମାନ ହେବ । ପାତ୍ରର ବାହାର ପାରଦ ପୃଷ୍ଠରେ ପଡୁଥିବା ଚାପ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ । ସେହି ସମତଳ ଉପରେ ପଡୁଥିବା ନଳୀମଧ୍ୟସ୍ଥ ଚାପ=ସେହି ସମତଳ ଉପରେ ରହିଥିବା ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଚାପ । ପାତ୍ରର ପାରଦ ପତନ ଠାରୁ ଏହି ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା h ଧରାଯାଉ । ସୁତରାଂ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ସହିତ ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଥିବା ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଚାପ ସମାନ । ସେଥିପାଇଁ ସାଧାରଣତଃ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ସେ:ମି:ରେ କିମ୍ବା ଇଞ୍ଚରେ ପାରଦ ଚାପମାନର ପାରଦର ଉଚ୍ଚତା ରୂପେ ମାପ କରାଯାଏ ।

ଆଗରୁ କୁହାଯାଇଛି ଯେ, ଚାପର ପରମ ଏକକ ହେଉଛି ଏକ ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ଡାଇନ୍ ବଳ । ଯଦି ବାରୋମିଟର ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା h ସେ:ମି: ହୁଏ ଓ ପାରଦର ସାନ୍ଦ୍ରତା d ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି: ହୁଏ, ତେବେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ hdg ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି: ହେବ ।



(ଚିତ୍ର 94)

ପାରଦ ପରିବର୍ତ୍ତେ ଜଳକୁ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରି ବାରୋମିଟର ନିର୍ମାଣ କରଯାଇ ପାରିବ; ତେବେ ଜଳ ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରର ଜଳ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା କେତେ ହେବ ? ଯଦି ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା 76 ସେ:ମି: ରୂପେ ଧରଯାଏ, ତେବେ ଜଳ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା ହେବ $76 \times 13{\cdot}6$ ସେ:ମି:$=1033{\cdot}6$ସେ:ମି: (ବା ପ୍ରାୟ 34 ଫୁଟ) କିନ୍ତୁ ଏତେ ଉଚ୍ଚର ଜଳ ସ୍ତମ୍ଭକୁ ନେଇ ବାରୋମିଟର ଗଢ଼ିବା ବଡ଼ ଅସୁବିଧା ।

ସେହିପରି ଯେକୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରି ବାରୋମିଟର ନିର୍ମାଣ କରଯାଇ ପାରିବ । ଯଦି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା d_1 ହୁଏ ତେବେ ତା'ର ଉଚ୍ଚତା $h_1 = \frac{hd}{d_1}$ ହେବ ।

17.2 ଫର୍ଟିନ୍‌ଙ୍କ ବାରୋମିଟର (Fortin's Barometer)

ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ମାପ କରିବା ସକାଶେ ଏହା ଗୋଟିଏ ମାନକ (Standard) ବାରୋମିଟର । ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ ପାରଦ ପାତ୍ର C ରହିଛି (ଚିତ୍ର ନଂ 94) । ପାତ୍ରର ତଳ ଅଂଶ ଚମଡ଼ାରେ ତିଆରି । ପାତ୍ର ତଳକୁ ଗୋଟିଏ ପେଚ S_1 ଲଗିଛି । ଏହି ପେଚ ସାହାଯ୍ୟରେ ପାତ୍ରରେ ଥିବା ପାରଦର ପତନକୁ ତଳ ଉପର କରଯାଇପାରେ । ପାତ୍ରର ଉପର ଭାଗରେ ଗୋଟିଏ ହାତୀଦାନ୍ତ ନିର୍ମିତ ସୂଚକ (Index) P ଖଞ୍ଜା ଯାଇଥାଏ । ସୂଚକର ମୁନିଆ ଅଗ୍ରଟି ବାରୋମିଟରରେ ଅଙ୍କିତ ହୋଇଥିବା ସ୍କେଲର ଶୂନ୍ୟ ଦାଗସହ ଏକ ସମତଳରେ ରହିଥାଏ । ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭ ଥିବା କାଚ ନଳୀଟି ଗୋଟିଏ ପିତ୍ତଳ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ରହିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ପିତ୍ତଳ ନଳୀର ଉପର ଭାଗର ସମ୍ମୁଖ ପଟେ ଗୋଟିଏ ଆୟତାକାର ଫାଙ୍କ M ଥିବାରୁ ଫାଙ୍କ ବାଟେ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉପର ଭାଗ ପରିଷ୍କାର ଦେଖାଯାଏ । ଏହି ଫାଙ୍କର ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ସେ:ମି: ସ୍କେଲଟିଏ ଓ ଅନ୍ୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଇଞ୍ଚ ସ୍କେଲଟିଏ ଅଙ୍କନ କରଯାଇଛି । ଗୋଟିଏ ଭରନିୟର୍ (Vernier) V ସ୍କେଲ ଦୁଇଟିର ପାଖକୁ ଲାଗି ରହିଛି । ପିତ୍ତଳ ନଳୀର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ଦନ୍ତୁରିତ ମୁଣ୍ଡ ବିଶିଷ୍ଟ ପେଚ S_2 ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ଭରନିୟର୍‌କୁ ତଳ ଉପର କରଯାଇପାରେ । ପିତ୍ତଳ ନଳୀର ଉପର ଭାଗର ପଛପଟରେ ମଧ୍ୟ ଗୋଟିଏ ଆୟତାକାର ଫାଙ୍କ ଥାଏ । ଏହି ଫାଙ୍କରେ ଭରନିୟର୍ ଭଳି ଖଣ୍ଡେ ପିତ୍ତଳ ପାତ ଭରନିୟର୍ ସହ ତଳ ଉପରକୁ ଗତି କରିପାରେ । ଭରନିୟର୍‌ର ତଳ ଦାଢ଼ (Edge) ଓ ପିତ୍ତଳ ପାତର ତଳ ଦାଢ଼ ଏକ ସମତଳରେ ଥିବାରୁ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା ମାପିବା ବେଳେ ଦୃଷ୍ଟି ବୈଷମ୍ୟ ଦୋଷ (Error due to parallax) ରହେ ନାହିଁ । ପାରଦ ପାତ୍ରର ପଛରେ ଓ ପିତ୍ତଳ ନଳୀର ଉପର ଭାଗର ଫାଙ୍କ ପଛରେ ଦୁଇଗୋଟି ଦୁଗ୍ଧ ବର୍ଣ୍ଣର ଧଳା କାଚପଟା ଲାଗିଥାଏ । ଫଳରେ ନଳୀର ପାରଦ ପତନ ପରିଷ୍କାର ଭାବେ ଦେଖାଯାଏ ।

ଫର୍ଟିନ୍‌ଙ୍କ ବାରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ : ପରୀକ୍ଷା :

ପ୍ରଥମେ ଭରନିୟର୍‌ର ନ୍ୟୂନତମ ମାପ (Least count) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ପାରଦ ପାତ୍ରର ତଳକୁ ଥିବା ପେଚ S_1କୁ ମୋଡ଼ି ପାତ୍ରର ପାରଦ ପତନକୁ ତଳକୁ କିମ୍ବା ଉପରକୁ ନେଇ ସୂଚକ P ର ମୁନିଆ ଅଗ୍ରଟିକୁ ପାରଦ ପତନ ସହିତ ଠିକ୍ ସ୍ପର୍ଶ କରାଅ । ଏବେ ପାତ୍ରର ପାରଦ ପତନ ଚାପମାନ ସେଲ୍‌ର ଶୂନ୍ୟ ଅଙ୍କିତ ଦାଗ ପାଖରେ ରହିଲା ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଭରନିୟର୍ Vକୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଉପରକୁ ଉଠାଅ ଯେପରିକି ନଳୀର ପାରଦ ପତନ ସ୍ପଷ୍ଟଭାବେ ଦେଖାଯିବ । ଭର୍‌ନିୟର୍‌ର ତଳଧାର ଓ ପଛ ପାଖର ପିତଳ ପଟାର ତଳଧାରକୁ ଚକ୍ଷୁ ସହିତ ଗୋଟିଏ ସରଳରେଖାରେ ରଖି S_2 ପେଚକୁ ମୋଡ଼ି ଭରନିୟରକୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଏପରି ଭାବରେ ତଳକୁ ଖସାଇବ ଯେ, ତା'ର ଶୂନ୍ୟାଙ୍କିତ ଦାଗଟି ପାରଦ ପତନର ଉଚ୍ଚତମ ବିନ୍ଦୁସହ ଏକ ସମତଳରେ ରହିବ ।

ଏହାପରେ ପ୍ରଧାନ ସେଲ୍ ଓ ଭରନିୟର ଦର୍ଶାଉଥିବା ସଂଖ୍ୟା ଲେଖିରଖ । ଭରନିୟର୍‌ର ସଂଖ୍ୟାର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ତାକୁ ପ୍ରଧାନ ସେଲ୍‌ର ସଂଖ୍ୟା ସହିତ ଯୋଗ କଲେ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା ସୂକ୍ଷ୍ମରେ ଆସିଯିବ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାଟି 2।3 ଥର କରି ବିଭିନ୍ନ ଥରର ଫଳ ମିଳାଇ ଦେଖ ।

ଉଚ୍ଚତା ଯୋଗୁଁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଚାପର ପରିବର୍ତ୍ତନ :

ଆଗରୁ କୁହାଯାଇଛି ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ହେଉଛି ସେଥି ଉପରେ ଭୂଲମ୍ବରେ ଥିବା ଏକକ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ସମଗ୍ର ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଓଜନ । ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଯେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଯିବ ଏହି ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା ସେତେ କମ୍ ହୋଇଯାଉଥିବ; ଅର୍ଥାତ୍ ଉଚ୍ଚସ୍ଥାନରେ ବାୟୁର ଚାପ କମ୍ ହୋଇ ଯାଉଥିବ । ଏହି କାରଣରୁ ସବୁବେଳେ ପର୍ବତ ଉପରେ ବାୟୁର ଚାପ ପର୍ବତ ପାଦ ଅଞ୍ଚଳର ଚାପ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ହୁଏ ଓ ଖଣି ଭିତରେ ବାୟୁର ଚାପ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ଚାପ ଅପେକ୍ଷା ବେଶୀ ହୁଏ । ପରୀକ୍ଷା କରି ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ଅଳ୍ପ ଉଚ୍ଚର ସ୍ଥାନମାନଙ୍କରେ ପ୍ରତି 11 ମିଟର ଉଚ୍ଚକୁ ଗଲେ ବାୟୁର ଚାପ ପ୍ରାୟ 1 ମି:ମି: କମିଯାଏ; କିନ୍ତୁ ବେଶୀ ଉଚ୍ଚସ୍ଥାନକୁ ଗଲେ ଭିନ୍ନ ଧରଣର ହିସାବ ଦରକାର । କାରଣ ବେଶୀ ଉପରକୁ ଗଲେ ସେଠାରେ ବାୟୁ ବେଶୀ ପତଳା ଜଣାଯାଏ । ଏହିସବୁ ହିସାବ ସାହାଯ୍ୟରେ ବାରୋମିଟରର ଚାପରୁ ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନର ଉଚ୍ଚତା ଜାଣି ହୁଏ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଦୁଇଟି ସ୍ଥାନର ଉଚ୍ଚତା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାର୍ଥକ୍ୟ ବାରୋମିଟରର ଚାପରୁ ଜାଣିହୁଏ । ମନେକର ଦୁଇଟି ସ୍ଥାନରେ ବାୟୁର ଚାପ ଯଥାକ୍ରମେ P_1 ଓ P_2 । ଦୁଇଟି ସ୍ଥାନରେ ବାୟୁର ଚାପର ପାର୍ଥକ୍ୟ $P_1 - P_2$ । ଦୁଇଟି ସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁର ହାରାହାରି ସାନ୍ଦ୍ରତା d_a ହେଲେ—

$$P_1 - P_2 = hd_a g$$

ଏଥିରୁ hର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ହେବ । ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ବିଷୟ ମନେ ରଖିବାକୁ ହେବ । କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯେପରି ସ୍ଥିର ଥାଏ କୌଣସି ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା ସେପରି ସ୍ଥିର ନ ଥାଏ । ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା ତାହାର ଚାପ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ସୁତରାଂ ବାୟୁର ଚାପ ଓ ତାହାର ଉଚ୍ଚତା ଠିକ୍ ସମାନୁପାତରେ ନ ଥାଏ । କେବଳ କମ୍ ଉଚ୍ଚତା ମାପିବା ସକାଶେ ଉପରୋକ୍ତ ହିସାବ ଧରାଯାଇପାରେ ।

45° ଅକ୍ଷାଂଶରେ ସମୁଦ୍ର ପତ୍ତନ ଠାରେ 0°c ତାପମାତ୍ରାରେ ବାରୋମିଟରର ଚାପ 76.00 ସେ:ମି: ରହିଥାଏ । ଏହି ଚାପ ବାୟୁର ମାନକ ଚାପ (Standard Atmospheric pressure) ରୂପେ ପରିଚିତ ।

(ସେଠାରେ 'g'ର ମୂଲ୍ୟ $\frac{980 \cdot 6 \text{ ସେ:ମି:}}{\text{ସେକେଣ୍ଡ}^2}$)

P=hdg ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ମାନକ ଚାପର ପରିମାଣ ହେବ $76 \times 13 \cdot 6 \times 980 \cdot 6 = 1 \cdot 014 \times 10^6$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି: (ପରମ ଏକକ)

17.3 ବୟ୍ଲଙ୍କ ନିୟମ (Boyle's Law) :

ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିରଥିବା କୌଣସି ଆବଦ୍ଧ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆୟତନ ତାହାର ଚାପ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ଅଟେ (Inversely proportional) । ଏହା ବୟ୍ଲଙ୍କ ନିୟମ ।

ମନେକର ଏକ ଧାରକରେ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସ୍ଥାନରେ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ V_1 ଓ ଚାପ P_1 ରହିଛି । କିନ୍ତୁ ଯଦି ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ତଳକୁ ଠେଲି ଏକ ନୂତନ ସ୍ଥାନକୁ ନିଆଯାଏ, ତେବେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆୟତନ V_2କୁ ହ୍ରାସ ପାଇବ; କିନ୍ତୁ ଚାପ P_2କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ । ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଯଦି ଏପରି ମନ୍ଥର ଗତିରେ ଘଟେ ଯେ ତାପମାତ୍ରାରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ନାହିଁ, ତେବେ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ତାହାର ଚାପ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ହେବ ।

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ ....(1)}$$

ଅଥବା ଆୟତନ ଓ ଚାପର ଗୁଣଫଳ ସର୍ବଦା ସମାନ ରହିବ;

ଅର୍ଥାତ୍ $P_1V_1 = P_2V_2$.........(2)

ଏହି ସମ୍ବନ୍ଧ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମରେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇଛି । ଏହି ନିୟମକୁ ଜଣେ ଆଇରିସ୍ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନବିତ୍ ରବର୍ଟ ବୟଲ (1627—1691) ପ୍ରଥମେ ପ୍ରତିପାଦନ କରିଥିଲେ । ନିୟମଟି ଏହିରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇ ପାରିବ । କୌଣସି ଆବଦ୍ଧ ଗ୍ୟାସର ତାପମାତ୍ରାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ ଘଟିଲେ, ଆୟତନ ଓ ଚାପର ଗୁଣଫଳ ସ୍ଥିର ରହେ । ସଙ୍କେତରେ—

$$PV = K \text{ ...... (3)}$$

ବୟଲଙ୍କ ନିୟମକୁ କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଚାପ ଓ ସାନ୍ଦ୍ରତା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମ୍ବନ୍ଧକୁ ନେଇ ମଧ୍ୟ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇ ପାରିବ ।

ମନେକର କୌଣସି ଆବଦ୍ଧ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତା 'd'

ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ 'm'; ତେବେ ତାହାର ଆୟତନ

$$V = \frac{m}{d} \quad (\because m = V \times d)$$

ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ $P \times V$=ଏକ ସ୍ଥିରରାଶି

ଅର୍ଥାତ୍ $P \times \frac{m}{d}$ =ଏକ ସ୍ଥିରରାଶି

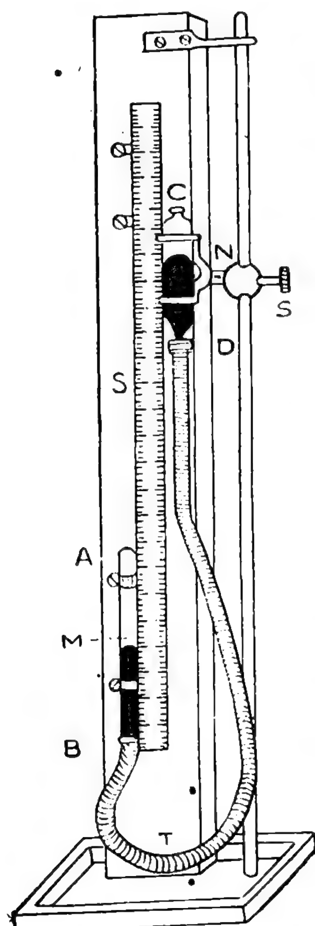
$\therefore \frac{P}{d}$ =ଏକ ସ୍ଥିରରାଶି କାରଣ; 'm'ର ମୂଲ୍ୟ ସ୍ଥିର ଅଟେ ।

ସୁତରାଂ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମକୁ ଉପରୋକ୍ତ ସମ୍ବନ୍ଧ ଅନୁଯାୟୀ ନିମ୍ନମତେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇ ପାରିବ :—

ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ଥିବା ବେଳେ କୌଣସି ଆବଦ୍ଧ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ତାହାର ଚାପ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ।

(a) ବୟ୍ଲଙ୍କ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ପରୀକ୍ଷା :

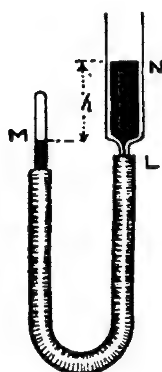
ପରୀକ୍ଷା :—ବୟଲଙ୍କ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ପରୀକ୍ଷା କରିବା ପାଇଁ ବିଜ୍ଞାନାଗାରରେ ଯେଉଁ ଯନ୍ତ୍ରର ବ୍ୟବହାର କରଯାଏ, ତାହା 'ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଯନ୍ତ୍ର' ରୂପେ ପରିଚିତ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ସମରନ୍ଧ୍ରବିଶିଷ୍ଟ କାଚ ନଳୀ AB ଅଛି (ଚିତ୍ର ନଂ 95) । ନଳୀର A ମୁଣ୍ଡଟି ବନ୍ଦ ହୋଇଛି; କିନ୍ତୁ B ମୁଣ୍ଡଟି ଖୋଲାଅଛି । ନଳୀଟି ଗୋଟିଏ କାଠ ଷ୍ଟାଣ୍ଡ୍‌ରେ ଭିଡ଼ାଯାଇ ରଖାଯାଇଛି । ଏହି ନଳୀଟି ଆଉ ଗୋଟିଏ ଓସାରିଆ ନଳୀ CD (ଭଣ୍ଡାର ରୂପେ ପରିଚିତ) ସହିତ ଖଣ୍ଡେ ମୋଟା କାନ୍ଥବିଶିଷ୍ଟ ରବରନଳୀ T ସହିତ ସଂଯୋଗ କରଯାଇଛି । CD ନଳୀଟି ଷ୍ଟାଣ୍ଡରେ ଖଞ୍ଜା ଯାଇଥିବା ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ସ୍କେଲ Sର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଗତି କରିପାରୁଛି । ଇଚ୍ଛାନୁଯାୟୀ ଏହି ନଳୀଟିକୁ ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ପେଚ S_1କୁ ମୋଡ଼ି ଭିଡ଼ି ରଖାଯାଇ ପାରୁଛି । AB ଓ CDର ତଳଅଂଶ ପୁଣି ସେମାନଙ୍କୁ ସଂଯୋଗ କରିଥିବା ରବର ନଳୀ (ଅର୍ଥାତ୍ MBTDN ଅଂଶଟି) ପରିଷ୍କାର ଓ ଶୁଖିଲା ପାରଦରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଅଛି । ଏହା ଦ୍ୱାରା AB ନଳୀରେ Aଠାରୁ M ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କିଛି ପରିମାଣର ବାୟୁ ଆବଦ୍ଧ ହୋଇ ରହିଛି । AB ନଳୀଟି ସମ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ସୁତରାଂ ସେଥିରେ ଆବଦ୍ଧ ଥିବା ବାୟୁର ଆୟତନ ଓ ତାହା ଅଧିକାର କରିଥିବା ନଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମାନୁପାତିକ ଅଟନ୍ତି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 95)

ପ୍ରଥମେ ଫର୍ଟିନ୍‌ଙ୍କ ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ H ଲେଖିରଖ । ତାପରେ S_2 ପେଚ ମୋଡ଼ି CD ନଳୀକୁ ଏପରି ସ୍ଥାନରେ ଷ୍ଟାଣ୍ଡ୍‌ରେ ଭିଡ଼ି ରଖିବ ଯେ AB ଓ CD ମଧ୍ୟର ପାରଦ ପତନ ଏକ ସମତଳରେ ରହିବ । ଏବେ ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁର ଚାପ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ H ସହିତ ସମାନ । AB ରେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପି ଲେଖିରଖ ।

ତାପରେ CD ନଳୀକୁ 3, 4 ସେ: ମି: ଉପରକୁ ଉଠାଅ ଯେପରିକି ସେଥିର ପାରଦ ପତନ N, ABର ପାରଦ ପତନ M ଠାରୁ ଉଚ୍ଚରେ ରହିବ । (ଚିତ୍ର ନଂ 96) ସ୍କେଲରେ M ଓ N ପତନର ମାପ ନେଇ ପତନ ଦୁଇଟିର ପାର୍ଥକ୍ୟ h ଲେଖିରଖ ।



(ଚିତ୍ର 96)

ଏବେ ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁର ଗ୍ୟପ P ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଗ୍ୟପ H ଅପେକ୍ଷା ବେଶୀ ଓ ତା'ର ପରିମାଣ H+h ଅଟେ, କାରଣ M ଠାରେ ଥିବା ଗ୍ୟପ L ଠାରେ ଥିବା ଗ୍ୟପ ସହିତ ସମାନ (ଯେହେତୁ M ଓ L ଏକ ସମତଳରେ ଅବସ୍ଥିତ) । ପୁଣି L ଠାରେ ଗ୍ୟପ=N ଠାରେ ଗ୍ୟପ+h=H+h

ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ AM ମଧ୍ୟ ମାପି ଲେଖିରଖ । ଏହିରୂପେ CDର ପାରଦର ପତନ Nକୁ M ଠାରୁ ବିଭିନ୍ନ ଉଚ୍ଚରେ ରଖି ପରୀକ୍ଷାଟି ପୁନଃ ପୁନଃ କର । ଏହି ରୂପେ 5ଟି ମାପନେଇ ମାପଗୁଡ଼ିକ ଟିପି ରଖ ।

ତା'ପରେ CD ନଳାକୁ ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣରେ ତଳକୁ ଖସାଅ ଯେପରିକି ସେଥିର ପାରଦ ପତନ N ଅନ୍ୟ ନଳୀର ପାରଦ ପତନ Mର ତଳକୁ ରହିବ । (ଚିତ୍ର ନଂ 97) ଏବେ ଷ୍ଟାଣ୍ଡର ସ୍କେଲ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ M ଓ N ପତନର ମାପନେଇ ସେ ଦୁଇଟିର ପ୍ରଭେଦ ଲେଖିରଖ । ଏବେ ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁର ଗ୍ୟପ P ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଗ୍ୟପ H ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ଓ ତା'ର ପରିମାଣ H—h ଅଟେ; କାରଣ N ଠାରେ ଗ୍ୟପ=ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଗ୍ୟପ, H=M ଠାରେ ଗ୍ୟପ+h=P+h

$\therefore$ P=H—h

AB ରେ ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମଧ୍ୟ ମାପ କରି ଲେଖିରଖ । ଏହି ରୀତିରେ ପରୀକ୍ଷାଟିକୁ ଆଉ ପାଞ୍ଚ ଥର କରି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଥରର ମାପଗୁଡ଼ିକ ଲେଖିରଖ ।

ଶେଷରେ ନେଇଥିବା ମାପଗୁଡ଼ିକରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକଥର ପାଇଁ ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 'L' ଓ ତାହାର ଗ୍ୟପ 'P'ର ଗୁଣଫଳ ବାହାର କର । ଦେଖିବ Pର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମୂଲ୍ୟ ବେଳେ P×L ଫଳ ଏକ ସ୍ଥିରରାଶି ହେବ ।

(ଚିତ୍ର 97)

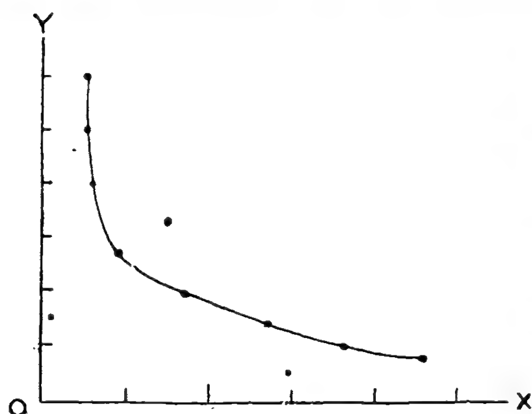
ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 'L' ତାହାର ଆୟତନ 'V' ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ହୋଇଥିବାରୁ P×V ମଧ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥିର ରାଶି ହେବ । ଏହି ରୂପେ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ପ୍ରତିପାଦିତ ହେଲ ।

ଏହି ପରୀକ୍ଷାର ମାପସମୂହ ତଳେ ଦିଆଯାଇଥିବା ଟେବୁଲ୍‌ରେ ଲେଖିରଖ ।

ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଗ୍ୟପ H=

କ୍ରମିକ ସଂଖ୍ୟା	AB ନଳୀରେ M ପତନର ମାପ	CD ନଳୀରେ N ପତନର ମାପ	ପତନ ଦୁଇଟିର ପ୍ରଭେଦ=h	ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁର ଗ୍ୟପ P=H±h	ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l	P×l

ଦୈର୍ଘ୍ୟ 'l'ର ମୂଲ୍ୟକୁ X—ଅକ୍ଷରେ ଓ ଚାପ pର ମୂଲ୍ୟକୁ Y—ଅକ୍ଷରେ ଚିହ୍ନିତ କରି ଗୋଟିଏ ଗାଫ୍ ଅଙ୍କନ କଲେ ଗାଫ୍‌ର ଆକାର 98 ନଂ ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଗ୍ରାଫ୍ ଭଳି ହେବ ।



(ଚିତ୍ର 98)

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ P ସହିତ $1/l$ର ସମ୍ବନ୍ଧ ଦେଖାଇବାକୁ ଗୋଟିଏ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କଲେ ଗ୍ରାଫ୍‌ଟି ଗୋଟିଏ ସରଳରେଖା ହେବ ।

ଏହି ପରୀକ୍ଷାରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସତର୍କତା (Precaution) ପାଳିବାକୁ ହେବ :—

କୌଣସି ମାପ ନେଇ ସାରିଲା ପରେ କିଛି ସମୟ ଅପେକ୍ଷା କରି ପରବର୍ତ୍ତୀ ମାପଟି ନେବ; କାରଣ CD ନଳୀକୁ ଉପରକୁ ତଳକୁ କରି ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁର ଆୟତନ ବଦଳାଇଲା ବେଳେ ସେହି ବାୟୁର ତାପମାତ୍ରାରେ ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିବ । କିଛି ସମୟ ଅପେକ୍ଷା କଲେ ତାହାର ତାପମାତ୍ରା ପୁନରାୟ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ସମାନ ହୋଇଯିବ । ତଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁର ତାପମାତ୍ରା ପ୍ରତ୍ୟେକ ମାପ ନେଲାବେଳେ ସ୍ଥିର ରହିବ ।

(2) AB ନଳୀର ବାୟୁଥିବା ଅଂଶକୁ ହାତରେ ଧରିବ ନାହିଁ; କାରଣ ସେପରି କଲେ ବାୟୁର ତାପମାତ୍ରାରେ କିଛି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଯାଇ ପାରେ ।

(b) କୈଶିକ ନଳୀ ପ୍ରଣାଳୀ (Capillary tube Method) :

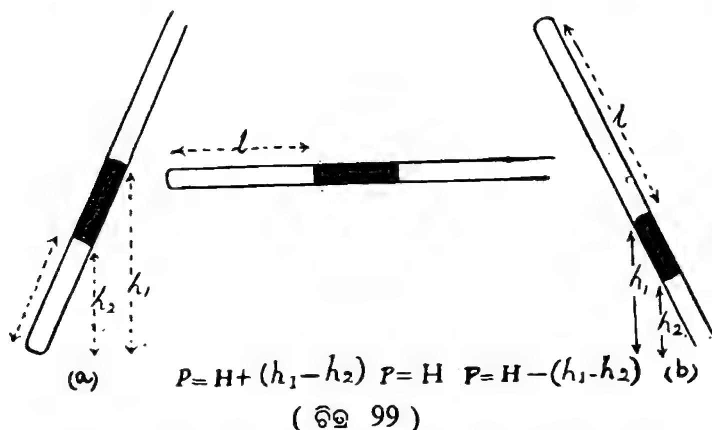
ଗୋଟିଏ ଅତି ସରଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ମଧ୍ୟ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇ ପାରିବ । ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଥିବା ସମରନ୍ଧ୍ରବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୈଶିକ ନଳୀରେ ସୁବିଧାଜନକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ପାରଦ ସୂତା (Mercury thread) ରଖାଯାଇ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭକୁ ଆବଦ୍ଧ କରାଯାଇଥାଏ ।

ପରୀକ୍ଷା :

ପ୍ରଥମେ ମାନକ ବାରୋମିଟରରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ H ମାପକରି ଲେଖିରଖ । ତାପରେ ନଳୀଟିକୁ ଟେବୁଲ୍ ଉପରେ ଭୂସମାନ୍ତର କରିରଖି ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ମାପ (ଚିତ୍ର ନଂ 99) ।

ଏହି ମାପଟି ଟିପି ରଖ । ନଳୀରେ ଥିବା ପାରଦ ସୂତା ଭୂସମାନ୍ତରରେ ଥିବାରୁ ତାହାର ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁର ଚାପ ସହିତ ଅନ୍ୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ H ସମାନ ।

ଏବେ ନଳୀଟିର ଖୋଲାମୁଣ୍ଡ ଉପରକୁ ରଖି ତାକୁ ଅଳ୍ପ ନୁଆଁଇଦେଇ ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ଗୋଟିଏ ରିଟାର୍ଟ ଷ୍ଟାଣ୍ଡରେ ଭିଡ଼ିରଖ (ଚିତ୍ର ନଂ 99 (a))। ଗୋଟିଏ ସେଲ୍‌କୁ ଭୂଲମ୍ବରେ ଧରି ଟେବୁଲ୍ ଉପରୁ ସୂତାର ଉପର ଓ ତଳ ମୁଣ୍ଡର ଉଚ୍ଚତା ଯଥାକ୍ରମେ h_1 ଓ h_2 ମାପକରି ଲେଖିରଖ । ପାରଦ ସୂତାର ଭୂଲମ୍ବ ଉଚ୍ଚତା $h = h_1 - h_2$ । ଏଠାରେ ଉଭୟ



(ଚିତ୍ର 99)

ପାରଦ ସୂତା ଓ ତାହାର ଉପରେ ଥିବା ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ନଳୀର ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁସ୍ତମ୍ଭ ଉପରେ ଆଶ୍ରୟ କରି ରହିଛନ୍ତି । ସେହି କାରଣରୁ ତାହାର ଚାପ P ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ H ଠାରୁ ବେଶୀ ।

$$\therefore P = H + h = H + (h_1 - h_2)$$

ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମଧ୍ୟ ମାପକରି ଟିପିରଖ ।

ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ନଳୀଟିକୁ ବିଭିନ୍ନ କୋଣରେ (Angle) ଆନତ କରି ରଖ; ପ୍ରତ୍ୟେକଥର ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 'l' ଓ ପାରଦ ସୂତାର ଭୂଲମ୍ବ ଉଚ୍ଚତା, $h = (h_1 - h_2)$ ମାପ କରି ଲେଖି ରଖ । ଏଥିରୁ ଗୋଟିଏ ଥରରେ ନଳୀଟିକୁ ଭୂଲମ୍ବରେ ମଧ୍ୟ ରଖି ମାପ ନେବ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ hର ମୂଲ୍ୟ ପାରଦ ସୂତାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସମାନ ହେବ ।

ତାପରେ ନଳୀଟିର ଖୋଲାମୁଣ୍ଡ ତଳକୁ ରଖି ତାକୁ ଅଳ୍ପ ଆନତ କରି ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ଗୋଟିଏ ରିଟାର୍ଟ ଷ୍ଟାଣ୍ଡରେ ଭିଡ଼ି ରଖ (ଚିତ୍ର ନଂ 99 (b))। ପୂର୍ବରୀତିରେ h_1 ଓ h_2 ମାପ କରି ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଚାପ P ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏଠାରେ $P = H - (h_1 - h_2)$ ହେବ; କାରଣ ଉଭୟ ପାରଦ ସୂତା ଓ ତା' ଉପରେ ଥିବା ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁସ୍ତମ୍ଭ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଉପରେ ଆଶ୍ରୟ କରି ରହିଛନ୍ତି ।

ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 'l' ଓ ତାହାର ଚାପ P ଲେଖିରଖ । ପୂର୍ବପରି ନଳୀଟିକୁ ବିଭିନ୍ନ କୋଣରେ ଆନତ କରି ରଖି, ପ୍ରତ୍ୟେକ ଥର 'l' ଓ 'P'ର ମୂଲ୍ୟ ଲେଖି ରଖ । ଏଥିରୁ ଗୋଟିଏ ଥରରେ ନଳୀଟିକୁ ଭୂଲମ୍ବରେ ମଧ୍ୟ ରଖି ମାପ ନେବ । ପ୍ରତ୍ୟେକଥର $P \times l$ ହିସାବ କରି ଲେଖ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାର ମାପଗୁଡ଼ିକ ପରପୃଷ୍ଠାସ୍ଥିତ ଟେବୁଲ୍‌ରେ ଲେଖିବ :

ବାରୋମିଟରର ଚାପ H =

କ୍ରମିକ ସଂଖ୍ୟା	ଖୋଲା ମୁଣ୍ଡକୁ ଧରି କୈଶିକ ନଳୀର ଅବସ୍ଥିତି	ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l	ପାରଦ ସୂତାର ଉପର ମୁଣ୍ଡର ଉଚ୍ଚତା h_1	ପାରଦ ସୂତାର ତଳ ମୁଣ୍ଡର ଉଚ୍ଚତା h_2	$h = h_1 - h_2$	$p = H + h$	$p \times l$

ପୂର୍ବ ପରୀକ୍ଷାରେ ଯେପରି p ଓ l ର ମୂଲ୍ୟ ନେଇ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କରିଥିଲ ଏହି ପରୀକ୍ଷାରେ ମଧ୍ୟ ସେହିପରି ଗୋଟିଏ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କର । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ପୂର୍ବ ପରୀକ୍ଷାରେ ପାଳନ କରିଥିବା ସତର୍କତାଗୁଡ଼ିକ ଏହି ପରୀକ୍ଷାରେ ମଧ୍ୟ ପାଳନ କରିବ ।

ଉଦାହରଣ (1) : କୌଣସି ଆବଦ୍ଧ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ 20 ଘନ ସେ:ମି: ଓ ତାହାର ଚାପ 76 ସେ:ମି:ର ପାରଦ ହେଲେ କେଉଁ ପରିମାଣର ଚାପରେ ତାହାର ଆୟତନ 19 ଘନ ସେ:ମି: ହେବ ?

ମନେକର ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ଚାପ P

ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ $p \times v$ ଏକ ସ୍ଥିର ରାଶି

ସୁତରାଂ $20 \times 76 = p \times 19$

ବା $p = \frac{20 \times 76}{19} = 80$ ସେ:ମି:ର ପାରଦ ।

ଉଦାହରଣ (2) : ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଥିବା ସମରନ୍ଧ୍ରବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୈଶିକ ନଳୀରେ 15 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପାରଦ ସୂତା ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭ ଆବଦ୍ଧ ହୋଇ ରହିଅଛି । ନଳୀଟିର ଖୋଲା ମୁଣ୍ଡ ଉପରକୁ ରଖି ତାକୁ ଭୂଲମ୍ବରେ ଠିଆ କରି ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ମାପକଲେ 20 ସେ:ମି: ହେଉଛି । ନଳୀଟିକୁ ତଳମୁହାଁ କରି ଭୂଲମ୍ବରେ ଠିଆ କଲେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 30 ସେ:ମି: ହେଉଛି । ବାରୋମିଟରର ଚାପ ନିରୂପଣ କର ।

ମନେକର ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ=H ସେ:ମି:ର ପାରଦ

ନଳୀଟିର ମୁହଁ ଉପରକୁ ଥିଲାବେଳେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଚାପ P_1=ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ H+ପାରଦ ସୂତାର ଚାପ=H+15 ସେ:ମି: ।

ନଳୀଟି ତଳମୁହାଁ ହୋଇଥିଲା ବେଳେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଚାପ P_2=ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ H—ପାରଦ ସୂତାର ଚାପ=H—15 ସେ:ମି: ।

ନଳୀଟି ସମପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ । ଏଣୁ ଆବଦ୍ଧ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଆୟତନ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ । ପ୍ରଥମ ଅବସ୍ଥାରେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଆୟତନ $v_1 \propto 20$ ସେ:ମି: ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଆୟତନ V_2= 30 ସେ:ମି:

ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ $P_1V_1=P_2V_2$

$\therefore (H+15)\times 20=(H-15)\times 30$

ବା $20H+300=30H-450$

ବା $10H=450+300=750$

$\therefore$ H=75 ସେ:ମି:ର ପାରଦ

ଉଦାହରଣ (3) : ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ମାନକ ଚାପ (76·0 ସେ:ମି:ର ପାରଦ) ରେ କୌଣସି ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ 200 ଘନଇଞ୍ଚ । ତାପମାତ୍ରା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥିଲେ 80 ସେ:ମି: ପାରଦର ଚାପରେ ତାହାର ଆୟତନ କେତେ ହେବ ?

$P_1V_1=P_2V_2$

76 ସେ:ମି: ×200 ଘନଇଞ୍ଚ=80·0 ସେ:ମି: $\times V_2$

$\therefore V_2=\frac{76}{80}\times 200$ ଘନଇଞ୍ଚ=190 ଘନଇଞ୍ଚ ।

ଉଦାହରଣ (4) : କୌଣସି ସ୍ୱୟଂବହ ଟାୟାରର ଆୟତନ 1500 ଇଞ୍ଚ । ପୁଣି ଟାୟାର ଚାପ ମାପକ ଦର୍ଶାଉଥିବା ଚାପ 20·0 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ । ଟାୟାରସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପକୁ 35·0 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚକୁ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ହେଲେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ମାନକ ଚାପରେ କେତେ ପରିମାଣର ବାୟୁ ସେଥି ଭିତରକୁ ପ୍ରେରଣ କରିବାକୁ ହେବ ? (ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ମାନକ ଚାପ=14·7 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ)

ଟାୟାରରେ 20 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଚାପର 1500 ଘନଇଞ୍ଚର ବାୟୁକୁ 35·0 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଚାପରେ କ୍ଷୁଦ୍ରତର ପରିମାଣକୁ ସଙ୍କୋଚିତ କରଯାଉଛି ।

$P_1V_1=P_2V_2$

P_1=20·0 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ+14·7 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ=34·7 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ।

P_2=35·0 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ+14·7 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ=49·7 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ।

(34·7 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ) (1500 ଘନଇଞ୍ଚ)=(49·7 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ) $\times V_2$

$\therefore V_2=1050$ ଘନଇଞ୍ଚ

ଟାୟାର ଭିତରକୁ ପ୍ରେରଣ କରିଥିବା ବାୟୁର ପରିମାଣ=1500 ଘନଇଞ୍ଚ —1050 ଘନଇଞ୍ଚ=450 ଘନଇଞ୍ଚ ଓ ଚାପ ମାପକ ଦର୍ଶାଉଥିବା ଏହାର ଚାପ 35·0 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ।

ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପରେ ଏହାର ଆୟତନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇ ପାରିବ ।

14·7 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ×V=49·7 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ×450 ଘନଇଞ୍ଚ ।

$\therefore V=\frac{49\cdot 7}{14\cdot 7}\times 450$ ଘନଇଞ୍ଚ=1500 ଘନଇଞ୍ଚ ।

ସାରାଂଶ

1. ବାୟୁର ଓଜନ ଓ ଚାପ ଅଛି । ବାୟୁର ଚାପ ମାପିବା ସକାଶେ ପାରଦ ବାରମିଟର ନିର୍ମାଣ କରଯାଇଛି । ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ସେ:ମି:ରେ କିମ୍ବା ଇଞ୍ଚରେ ପାରଦ ଚାପମାନର ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା ରୂପେ ମାପ କରଯାଏ । ସମୁଦ୍ର ପତନ ଠାରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ 76 ସେ:ମି: ବା 30 ଇଞ୍ଚର ପାରଦ ଥାଏ । ଏହାର ମୂଲ୍ୟ $1{\cdot}014 \times 10^6$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି: (ପରମ ଏକକ) । ଏହା ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ମାନକ ଚାପ ।

2. ଫର୍ଟିନ୍‌ଙ୍କ ବାରେମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ସୂକ୍ଷ୍ମରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଉଛି ।

3. ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଉପରକୁ ଉପରକୁ ଗଲେ ଚାପ କମ୍ ହୋଇଥାଏ ।

4. (କ) ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ :—ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ଥିବା କୌଣସି ଆବଦ୍ଧ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ତାହାର ଚାପ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ଅଟେ ।
ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ V ଓ ଚାପ P ହେଲେ,

$$P \propto \frac{1}{V} \text{ ବା } P \times V = K, \text{ ଏକ ସ୍ଥିରରାଶି ।}$$

(ଖ) ଏହି ନିୟମକୁ ଗ୍ୟାସର ଚାପ ଓ ସାନ୍ଦ୍ରତା ମଧ୍ୟର ସମ୍ପର୍କ ନେଇ ନିମ୍ନମତେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇ ପାରିବ :—
ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ଥିବା ବେଳେ କୌଣସି ଆବଦ୍ଧ ଗ୍ୟାସର ସାନ୍ଦ୍ରତା ତାହାର ଚାପ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ଅଟେ ।

5. 'ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଯନ୍ତ୍ର' ସାହାଯ୍ୟରେ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ପରୀକ୍ଷା କର ଯାଇଥାଏ ।

6. ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦଥିବା କୌଣସି କୈଶିକ ନଳୀରେ ପାରଦ ସୂତା ନେଇ ଏହି ନିୟମର ସତ୍ୟତା ମଧ୍ୟ ପରୀକ୍ଷା କରଯାଇ ପାରିବ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ଫର୍ଟିନ୍‌ଙ୍କ ବାରେମିଟର ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।
କୌଣସି ଦିନ ବାରେମିଟରର ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା 75·58 ସେ:ମି: ଥିଲା । ଏହି ଚାପକୁ ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ଡାଇନ୍‌ରେ ପ୍ରକାଶ କର ।
(ଉ: $1{\cdot}007 \times 10^6$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି:)

2. ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କରି ବିଶଦ ରୂପେ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।
କୌଣସି ଗ୍ୟାସର ଚାପ 76 ସେ:ମି:ର ପାରଦ ଥିଲାବେଳେ ତାହାର ଆୟତନ 250 ଘନ ସେ:ମି: ରହିଥିଲା । ତାହାର ଚାପ 120 ସେ:ମି:ର ପାରଦକୁ ବଦଳି ଗଲେ ତାହାର ଆୟତନ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 158·3 ଘନ ସେ:ମି:)

3. ବିଜ୍ଞାନାଗାରରେ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମର ସତ୍ୟତା କି ରୂପେ ପରୀକ୍ଷା କରିବ ବର୍ଣ୍ଣନ କର । କୌଣସି ଆବଦ୍ଧ ଗ୍ୟାସର ଚାପ 70 ସେ:ମି:ର ପାରଦ ଥିଲାବେଳେ ତାହାର ଆୟତନ 180 ଘନ ସେ:ମି: ଥିଲା । କେଉଁ ଚାପରେ ତାହାର ଆୟତନ 150 ଘନ ସେ:ମି: ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 84 ସେ:ମି:ର ପାରଦ)

4. ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଥିବା ସମରନ୍ଧ୍ର ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୈଶିକ ନଳୀରେ 12 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପାରଦ ସୂତା ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭ ଆବଦ୍ଧ ହୋଇ ରହିଅଛି । ନଳୀଟିକୁ ଉପର ମୁହାଁ କରି ଭୂଲମ୍ବରେ ଧରିଲେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 40 ସେ:ମି: ହେଉଛି, କିନ୍ତୁ ସେହି ନଳୀକୁ ତଳମୁହାଁ କରି ଧରିଲେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 55 ସେ:ମି: ହେଉଛି । ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ନିରୂପଣ କର ।
(ଉ: 76 ସେ:ମି:ର ପାରଦ)

5. ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଥିବା ସମରନ୍ଧ୍ର ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ କୈଶିକ ନଳୀରେ 18 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭ ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭକୁ ଆବଦ୍ଧ କରି ରଖିଅଛି । ନଳୀଟିକୁ ତଳମୁହାଁ କରି ଭୂଲମ୍ବରେ ରଖି ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପ କଲେ 31 ସେ:ମି: ହେଉଛି । ନଳୀଟିକୁ ଉପର ମୁହାଁ କରି ପୂର୍ବପରି ରଖିଲେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର (ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ=75 ସେ:ମି:ର ପାରଦ) ।
(ଉ: 19 ସେ:ମି:)

6. ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
76 ସେ:ମି:ର ପାରଦ ଚାପରେ କୌଣସି ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ 1000 ଘନ ସେ:ମି ରହିଛି । ଗ୍ୟାସର ତାପମାତ୍ରା ନ ବଦଳାଇ ଚାପର ପରିମାଣ 100 ସେ:ମିର ପାରଦକୁ ବଢ଼ାଇ ଦେଲେ ତାହାର ଆୟତନ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: 760 ଘନ ସେ:ମି:)

7. 76 ସେ:ମି: ପାରଦ ଚାପରେ କୌଣସି ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ 20 ଘନ ସେ:ମି: ରହିଛି, ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ 19 ଘନ ସେ:ମି:କୁ କମିଗଲେ ତାହାର ଚାପ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 80 ସେ:ମି:ର ପାରଦ)

8. 0·2 ଗ୍ରାମ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ବାୟୁକୁ 0° ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ଼ରେ 5 ଲିଟର ଆୟତନର ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରରେ ରଖାଗଲା । ଯଦି ମାନକ ଚାପ ଓ ତାପମାତ୍ରା (N. T. P.) ରେ ଏକ ଲିଟର ବାୟୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 1·293 ଗ୍ରାମ ହୁଏ, ତେବେ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 2·356 ସେ:ମି:ର ପାରଦ)

9. 72 ସେ:ମି: ପାରଦର ଚାପରେ କୌଣସି ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ 152 ଘନ ସେ:ମି: ଥିଲା । ମାନକ ଚାପ, ଅର୍ଥାତ୍ 76 ସେ:ମି: ପାରଦର ଚାପରେ ସେହି ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ କେତେ ହେବ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 144 ଘନ ସେ:ମି:)

10. 8 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ପାତ୍ରକୁ ନେଇ ତଳ ମୁହାଁ କରି କୌଣସି ହ୍ରଦର ଜଳରେ ବୁଡାଇ ହ୍ରଦର ତଳଦେଶ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନିଆଗଲା । ଦେଖାଗଲା ଯେ ପାତ୍ର

ଭିତରେ 3 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଜଳ ଉଠିଛି । ଯଦି ପାରଦ ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରର ଉଚ୍ଚତା 30" ହୋଇଥାଏ, ପୁଣି ପାରଦର ସାନ୍ଦ୍ରତା 13·6 ଗ୍ରାମ/ଘନ ସେ:ମି: ହୁଏ, ତେବେ ହ୍ରଦର ଗଭୀରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 23·4 ଫୁଟ)

11. ଗୋଟିଏ ବାରୋମିଟରର ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା 75 ସେ:ମି:, ପୁଣି ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭ ଉପରର ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନର ଆୟତନ 10 ଘନ ସେ:ମି: । ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପରେ 1 ଘନ ସେ:ମି: ଆୟତନର ବାୟୁକୁ ବାରୋମିଟରର ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରାଇ ଦିଆଗଲା । ବାରୋମିଟରର ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଉଚ୍ଚତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର (ବାରୋମିଟରର କାଚ ନଳୀର ପ୍ରସ୍ଥ ଛେଦ 1 ବର୍ଗ ସେ:ମି:) । (ଉ: 70 ସେ:ମି:ର ପାରଦ)

12. 1 ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପ୍ରସ୍ଥଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବାରୋମିଟରର ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣର ବାୟୁ ପ୍ରବେଶ କରିଛି । ଭଲ ବାରୋମିଟର 78 ସେ:ମି: ଦର୍ଶାଉଥିବା ବେଳେ ଏହି ଅଶୁଦ୍ଧ ବାରୋମିଟର 77 ସେ:ମି: ଦର୍ଶାଉଛି; ପୁଣି ଭଲ ବାରୋମିଟର 71·8 ସେ:ମି: ଦର୍ଶାଉଥିବା ବେଳେ ଏହି ଅଶୁଦ୍ଧ ବାରୋମିଟର 71 ସେ:ମି: ଦର୍ଶାଉଛି । ବାରୋମିଟରର ନଳୀରେ ଥିବା ବାୟୁର ଆୟତନ ମାନକ ଚାପରେ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 0·316 ଘନ ସେ:ମି:)

13. ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦଥିବା ଗୋଟିଏ କାଚ ନଳୀରେ 3 ସେ:ମି: ଛାଡ଼ି ବଳକା ଅଂଶ ପାରଦ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଗଲା । ତାପରେ ନଳୀଟିକୁ ତଳ ମୁହାଁ କରି ଗୋଟିଏ ପାରଦପୂର୍ଣ୍ଣ ପାତ୍ରର ପାରଦ ମଧ୍ୟରେ ଖୋଲା ମୁଣ୍ଡଟି ପ୍ରବେଶ କରାଇ ନଳୀଟିକୁ ଭୂଲମ୍ବରେ ରଖାଗଲା । ଏହାପରେ ଦେଖାଗଲା ଯେ ନଳୀଟିରେ 70 ସେ:ମି: ଉଚ୍ଚର ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭ ଠିଆ ହୋଇଛି ଓ ସେଥିଉପରେ 38 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବାୟୁସ୍ତମ୍ଭ ରହିଛି । ବାୟୁ-ମଣ୍ଡଳର ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 76 ସେ:ମି:ର ପାରଦ)

14. 6 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ନିମଜ୍ଜନ-ଘଣ୍ଟି (Diving bell) କୁ ଜଳରେ କେତେ ଗଭୀରତାକୁ ବୁଡ଼ାଇଲେ ଘଣ୍ଟିଭିତରେ 4 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚର ଜଳ ପ୍ରବେଶ କରିବ ? (ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ 30 ଇଞ୍ଚର ପାରଦ ଓ ପାରଦର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 13·6) (ଉ: 72 ଫୁଟ)

15. ଗୋଟିଏ U-ନଳୀ ଆକାରର ଖୋଲା ମନୋମିଟରର ଖୋଲା ପ୍ରାନ୍ତଟି ବାୟୁ ଦିଗରେ ଖୋଲା ଯାଇଛି; ପୁଣି ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତଟି ଗୋଟିଏ ଚାପ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ସହିତ ସଂଯୋଜିତ ହୋଇଅଛି ; ମନୋମିଟରଟି ପାରଦ, ଜଳ କିମ୍ବା 0·60 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତୈଳରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଇ ପାରିବ । ଏଥିରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକଟିର ସୁବିଧା ଓ ଅସୁବିଧା ଆଲୋଚନା କର । କେଉଁ ପରିସ୍ଥିତିରେ ପ୍ରତ୍ୟେକଟି ଉପଯୋଗୀ ?

16. 5·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ନିମଜ୍ଜନ-ଘଣ୍ଟିକୁ କେତେ ଗଭୀରତାର ଜଳରେ ନିମଜ୍ଜନ କଲେ ତାହା ଭିତରକୁ 3·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଜଳ ଉଠିବ ? ବାରୋମିଟର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଥିବା ଚାପ 30 ଇଞ୍ଚର ପାରଦ । (ଉ: 51 ଫୁଟ)

17. କୌଣସି ହ୍ରଦର ନିମ୍ନତଳଠାରୁ ଜଳପୃଷ୍ଠ ଉପରକୁ ଉଠିବାରେ ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ବୁଦ୍ବୁଦ୍‌ର ଆୟତନ ଦଶଗୁଣ ବଢ଼ିଗଲା । ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳର ଚାପ 30·0 ଇଞ୍ଚର ପାରଦ ପୁଣି ବୁଦ୍ବୁଦ୍‌ର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରହିଥିଲେ, ହ୍ରଦର ଗଭୀରତା କେତେ ?
(ଉ: 306 ଫୁଟ)

18. ଏକ ପ୍ରାନ୍ତ ବନ୍ଦ ହୋଇଥିବା ଗୋଟିଏ କୈଶିକ ନଳୀ ଭୂସମାନ୍ତରରେ ରଖାଯାଇଛି । ନଳୀଟିରେ 24 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ବାୟୁସ୍ତମ୍ଭ ବନ୍ଦ ପ୍ରାନ୍ତ ଓ 36 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପାରଦ ସୂତା ମଧ୍ୟରେ ରୁଦ୍ଧ ହୋଇ ରହିଅଛି । ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳର ଚାପ 72·0 ସେ:ମି:ର ପାରଦ ନଳୀଟିକୁ ଉଠାଇ ଭୂଲମ୍ବରେ ରଖିଲେ, (କ) ନଳୀଟିର ବନ୍ଦ ପ୍ରାନ୍ତ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ହୋଇଥିଲେ, ପୁଣି (ଖ) ନଳୀଟିର ବନ୍ଦପ୍ରାନ୍ତ ନିମ୍ନମୁଖୀ ହୋଇ-ଥିଲେ, ରୁଦ୍ଧବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ହେବ ?
(ଉ: 48·0 ସେ:ମି:; 16·0 ସେ:ମି:)

19. ଏକ ପ୍ରାନ୍ତ ବନ୍ଦ ହୋଇଥିବା 120 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଗୋଟିଏ ନଳୀ ଅଧା ପାରଦ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଅଛି । ନଳୀଟିକୁ ନେଇ ଗୋଟିଏ ପାରଦ ପାତ୍ରରେ ଏପରି ଭାବରେ ଓଲଟାଇ ରଖାଗଲା ଯେ ନଳୀର ଖୋଲା ପ୍ରାନ୍ତଟି ପାରଦରେ ବୁଡ଼ି ରହିଲା; ପୁଣି ସେଥିରୁ ବାୟୁ ପଦାକୁ ବାହାରି ଯାଇ ପାରିଲା ନାହିଁ । ବାରୋମିଟର ଦର୍ଶାଉଥିବା ଚାପ 75 ସେ:ମି: ହୋଇଥିଲେ, ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା କେତେ ?
(ଉ: 27·0 ସେ:ମି:)

20. ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳର ଚାପ ଅପେକ୍ଷା 30 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଅଧିକ ଚାପ ଥିବା କୌଣସି ଟାୟାରସ୍ଥ ବାୟୁର ଆୟତନ 1500 ଘନ ଇଞ୍ଚ । (କ) ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପରେ ସେହି ବାୟୁର ଆୟତନ କେତେ ହେବ ? (ଖ) ଭାଲଭ୍ ଖୋଲି ଦେଲେ କେତେ ପରିମାଣର ବାୟୁ ପଦାକୁ ବାହାରି ଆସିବ ? ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ 15 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ବୋଲି ଧରି ନିଅ । (ଉ: 4500 ଘନଇଞ୍ଚ; 3000 ଘନଇଞ୍ଚ)

21. ଗୋଟିଏ ଅମ୍ଳଜାନ ଭଣ୍ଡାରର ଆୟତନ 1·5 ଘନଫୁଟ । ତା'ର ଚାପମାପକ 200 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗ ଇଞ୍ଚର ଚାପ ଦର୍ଶାଉଛି । ଭାଲଭ୍‌କୁ କିଛି ସମୟ ଖୋଲିଦେଲାପରେ ଚାପ ମାପକ 150 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଚାପ ଦର୍ଶାଇଲା । ଭଣ୍ଡାରରୁ ବାହାରି ଯାଇଥିବା ଅମ୍ଳଜାନର ଆୟତନ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପରେ କେତେ ଘନଫୁଟ ହେବ ?
(ଉ: 5·0 ଘନଫୁଟ)

22. ଗୋଟିଏ ଫ୍ଲାସ୍କରେ 2400 ଘନ ସେ:ମି:ର ବାୟୁ 76·0 ସେ:ମି:ର ପାରଦ ଚାପରେ ଅଛି । ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପ ପ୍ରଥମ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଷ୍ଟ୍ରୋକରେ ଫ୍ଲାସ୍କରୁ 160 ଘନ ସେ:ମି: ବାୟୁ ବାହାର କରିଦେଲା । ପଞ୍ଚମ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଷ୍ଟ୍ରୋକ ଶେଷରେ ଫ୍ଲାସ୍କରେ ଥିବା ବାୟୁର ଚାପ କେତେ ହେବ ? (ଉ: 55·0 ସେ:ମି:ର ପାରଦ)

23. ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବେ ବାୟୁମୁକ୍ତ ହୋଇ ନ ଥିବା ଗୋଟିଏ ବାରୋମିଟରର ପାରଦସ୍ତମ୍ଭ 76·0 ସେ:ମି: ମାପ ଦେଖାଉଛି; କିନ୍ତୁ ଠିକ୍ ବାରୋମିଟର 77·0 ସେ:ମି: ଚାପ ଦର୍ଶାଉଛି । ପାରଦ ପାତ୍ରର ପାରଦ ପୃଷ୍ଠଠାରୁ ଚାପମାନ ନଳୀର ଶୀର୍ଷର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଉଚ୍ଚତା ୫5 ସେ:ମି: । ଦୋଷଯୁକ୍ତ ଯନ୍ତ୍ରର ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା 75·0 ସେ:ମି: ହେଲେ ପ୍ରକୃତ ବାରୋମିଟର କେତେ ଉଚ୍ଚତା ଦର୍ଶାଇବ ? (ଉ: 75·9 ସେ:ମି:)

24. 1000 ଗ୍ୟାଲନ ଧରିବା ଗୋଟିଏ ବାୟୁରୋଧ ଭଣ୍ଡାରକୁ ଜଳ ପମ୍ପ କରଗଲା । ଭଣ୍ଡାରସ୍ଥ ଜଳ ଉପରର ବାୟୁ ସଂପୀଡ଼ିତ ହୋଇ ତାହାର ଚାପ 60.0 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ରୂପେ ଚାପମାପକ ଦର୍ଶାଇଲା । (କ) ସେତେବେଳେ ଭଣ୍ଡାରଟିରେ କେତେ ପରିମାଣର ଜଳ ରହିଲା ? (ଖ) ଭଣ୍ଡାରରୁ 200 ଗ୍ୟାଲନ ଜଳ ବାହାର କରିଦେଲେ, ଚାପମାପକ କେତେ ଚାପ ଦର୍ଶାଇବ ? ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ 15 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ବୋଲି ଧରିନିଅ । (ଉ: 750 ଗ୍ୟାଲନ; $33\frac{1}{3}$ ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ)

25. ଗୋଟିଏ ଭଣ୍ଡାରରେ 150 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ପରମ ଚାପରେ 24 ଘନଫୁଟ ଅମ୍ଳଜାନ ଅଛି । ଆଉ ଗୋଟିଏ ଭଣ୍ଡାରରେ 120 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ପରମ ଚାପରେ 48 ଘନଫୁଟ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଅଛି । ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ରନଳୀଦ୍ୱାରା ଭଣ୍ଡାର ଦୁଇଟିକୁ ସଂଯୋଗ କରଗଲା । ଉଭୟ ଭଣ୍ଡାର ସମାନ ତାପମାତ୍ରାରେ ରହିଛି, ସଂଯୋଜକ ନଳୀର ଆୟତନ ଉପେକ୍ଷଣୀୟ । ପୁଣି ତାପମାତ୍ରାରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ନାହିଁ ବୋଲି କଳ୍ପନା କଲେ, ମିଶ୍ରଣ ପରେ ଗ୍ୟାସ୍ ଦୁଇଟିର ଚାପ କେତେ ହେବ ? (ଉ: 130 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ)

ଅଷ୍ଟାଦଶ ଅଧ୍ୟାୟ

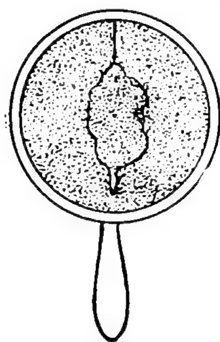
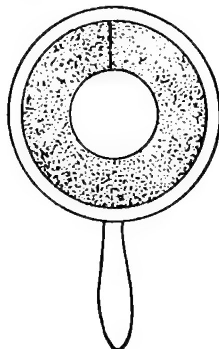
ପୃଷ୍ଠଟାନ

Surface Tension

ଯେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ (Free surface) ପ୍ରସାରିତ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ପରଦା (Stretched Elastic Membrane) ଭଳି ଟାଣ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ । ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରୀକ୍ଷାଗୁଡ଼ିକରୁ ଏହା ଦେଖାଯିବ ।

18.1 ପରୀକ୍ଷା :

1. ଗୋଟିଏ ତାରର ଫ୍ରେମ୍ (Frame) ନେଇ ସାବୁନ୍ ପାଣିରେ କିଛି ସମୟ ବୁଡ଼ାଇ ରଖି ତା'ପରେ ପଦାକୁ ବାହାର କରି ଧର । ଫ୍ରେମ୍‌ଟିରେ ଗୋଟିଏ ସାବୁନ୍ ଫିଲ୍ମ୍ (Film) ପ୍ରସାରିତ ହୋଇ ଲଗି ରହିବ (ଚିତ୍ର 100) । ତା'ପରେ କପାସୂତାରେ ଗୋଟିଏ ଫାଶ (Loop) ନେଇ ସେହି ସାବୁନ୍ ପାଣିରେ ବୁଡ଼ାଇ ସାବଧାନତା ସହକାରେ ତାରର ସେହି ସାବୁନ୍ ଫିଲ୍ମ୍ ଉପରେ ରଖ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଗୋଟିଏ ଗରମ ଛୁଞ୍ଚିନେଇ ଫାଶ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଫିଲ୍ମ୍‌କୁ ଫୋଡ଼ି ଦିଅ । ଫିଲ୍ମ୍‌ଟି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଛିଣ୍ଡିଯିବ ଓ ସୂତାଟି ଗୋଟିଏ ପୂର୍ଣ୍ଣ ବୃତ୍ତାକାରରେ ପରିଣତ ହୋଇଯିବ ।

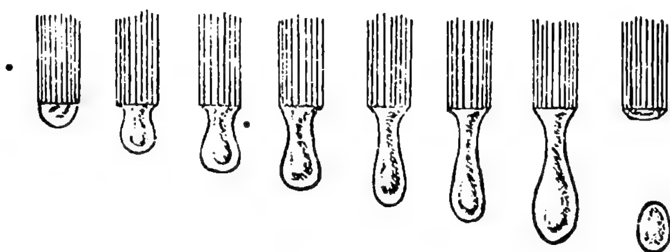
(ଚିତ୍ର 100)

2. ଗୋଟିଏ ଛୁଞ୍ଚି ନେଇ ଆଙ୍ଗୁଠି ମଧ୍ୟରେ ଧରି କିଛି ସମୟ ଘର୍ଷଣ କର । ଛୁଞ୍ଚିଟିକୁ ଖଣ୍ଡେ ବ୍ଲଟିଙ୍ଗ୍ କାଗଜ ଉପରେ ରଖି କାଗଜଟିକୁ ଜଳରେ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଭସାଅ । କିଛି ସମୟ ପରେ ଦେଖିବ, ଛୁଞ୍ଚିଟିକୁ ଜଳପୃଷ୍ଠରେ ଭସାଇ ରଖି ବ୍ଲଟିଙ୍ଗ କାଗଜଟି ନିଜେ ଜଳରେ ବୁଡ଼ି ଯାଉଛି ।

3. ଦୁଇମୁଣ୍ଡ ଖୋଲାଥିବା ଗୋଟିଏ କାଚନଳୀ ନିଅ । ନଳୀର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ସାବୁନ୍ ପାଣିରେ ବୁଡ଼ାଇ ନେଇ ନଳୀକୁ ଫୁଙ୍କିଲେ ନଳୀର ସେହି ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ସାବୁନ୍ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍ (Soap Bubble) ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେବ । ବୁଦ୍‌ବୁଦଟିକୁ କିଛି ସମୟ ସେହିପରି ଛାଡ଼ିଦେଲେ ଦେଖିବ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍‌ଟି ଗୋଟିଏ ସ୍ଫୀତ ରବର ବେଲୁନ୍ ଭଳି ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଆୟତନରେ ସଙ୍କୁଚିତ ହୋଇ ଆସି ପରିଶେଷରେ ଏକ ବୁନ୍ଦା ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପରିଣତ ହୋଇଯାଉଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ ନଳୀର ସେହି ମୁଣ୍ଡ ନିକଟକୁ ଗୋଟିଏ ମହମବତୀର ଶିଖା ନେଲେ ଦେଖିବ ଯେ ଶିଖାଟି ବିକ୍ଷେପିତ ହୋଇଯାଉଛି ।

4. ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟାସର ଛିଦ୍ରଥିବା କେତେଗୋଟି କୈଶିକନଳୀ (Capillary tube) ନେଇ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇ ଧର । ଦେଖିବ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ନଳୀରେ କିଛି ଉପରକୁ ଜଳ ଉଠିଛି, ପୁଣି ସେଥିରୁ ଯେଉଁ ନଳୀଟିର ଛିଦ୍ର ଅତି ସରୁ ସେଥିରେ ବେଶୀ ଉଚ୍ଚକୁ ଜଳ ଉଠିଛି ।

5. କୌଣସି କାଚନଳୀର ମୁଣ୍ଡରୁ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ଜଳବୁନ୍ଦାଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଅ । ପ୍ରଥମେ ବୁନ୍ଦାଗୁଡ଼ିକ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ନଳୀମଧ୍ୟରେ ରହିଥିଲାପରି ଦେଖାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ସେଗୁଡ଼ିକର ଆୟତନ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକଟିରେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ରୀବା (Neck) ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ; ପୁଣି ଗ୍ରୀବାଟି କ୍ରମେ କ୍ରମେ ସରୁହୋଇ ପରିଶେଷରେ ଛିଣ୍ଡିଯାଏ (ଚିତ୍ର 101) ।



(ଚିତ୍ର 101)

ଏହି ସମସ୍ତ ପରୀକ୍ଷାରୁ ଆମ୍ଭେମାନେ ପ୍ରମାଣ ପାଉ ଯେ, କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ଗୋଟିଏ ପ୍ରସାରିତ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ପତଳା ପରଦା ରୂପେ ଆଚରଣ କରିଥାଏ । ଏହି ପତଳା ପରଦାକୁ ଟାଣି ଧରିଥିବା ବଳକୁ ପୃଷ୍ଠତାନ ବଳ କୁହାଯାଏ । ପୃଷ୍ଠତାନ କହିଲେ ସାଧାରଣତଃ ପୃଷ୍ଠତାନ ବଳ ଏକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏକକ ପ୍ରତି ବୁଝାଏ ।

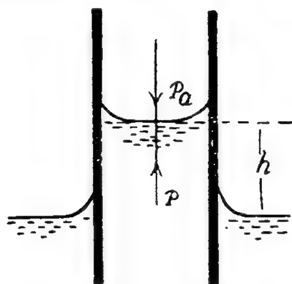
18.2 ସ୍ପର୍ଶକୋଣ (Angle of Contact) :

ତରଳ ପଦାର୍ଥ ରହିଥିବା ପାତ୍ରର ତଳକୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ସ୍ପର୍ଶ କରିଥାଏ ସେହି ସ୍ପର୍ଶପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶ ବିନ୍ଦୁଠାରୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଦିଗରେ ଯେଉଁ ସ୍ପର୍ଶକ ବା ଟାଞ୍ଜେଣ୍ଟ ଦୁଇଟି ଟଣାଯାଇଥାଏ, ସେହି ଦୁଇଟି ସ୍ପର୍ଶକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ କୋଣକୁ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ କୁହାଯାଏ । ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଜଳଭଳି ତରଳ ପଦାର୍ଥ କାଚକୁ ଆର୍ଦ୍ର କରିଦିଏ, ସେଠାରେ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ ସୂକ୍ଷ୍ମକୋଣ (Acute angle); କିନ୍ତୁ ପାରଦ ଥିବା କାଚ ପାତ୍ରରେ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ ସ୍ଥୂଳକୋଣ (Obtuse angle) ଅଟେ ।

18.3 ପୃଷ୍ଠତାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟର ସୂତ୍ର :

କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠସ୍ଥ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟବିଶିଷ୍ଟ ରେଖା ଉପରେ ନିହିତ ବଳକୁ ସେହି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନ ବଳ କୁହାଯାଏ । ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରକାର ଓ ତାହାକୁ ଧାରଣ କରିଥିବା ପାତ୍ର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ତାପମାତ୍ରା ବଢ଼ିଲେ ପୃଷ୍ଠତାନ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଲୁଣପାଣିର ପୃଷ୍ଠତାନ ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ।

ଦୁଇମୁଣ୍ଡ ଖୋଲଥିବା ଗୋଟିଏ କାଚ କୈଶିକନଳୀ ନେଇ ଭୂଲମ୍ବରେ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇ ଧରିଲେ ଦେଖାଯିବ ଯେ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଜଳ ଉଠିଛି । ପୁଣି ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳର ପୃଷ୍ଠ ନଳୀ ବାହାରେ ଥିବା ଜଳର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠଠାରୁ ଉଚ୍ଚରେ ରହିଛି । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳର ପୃଷ୍ଠ (ଯାହା ଉପରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ପଡୁଛି) ଗୋଟିଏ ଗିନା (Cup) ର ଆକାର ଧାରଣ କରିଛି । (ଚିତ୍ର 102) ଏହି ଗିନା ଆକାରକୁ ମିନିସ୍କସ (Meniscus) କୁହାଯାଏ । ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଜଳର ଉତ୍ଥାନ ତରଳ ନିୟମର ବିରୁଦ୍ଧାଚରଣ କରୁଥିବା ଭଳି ଦେଖାଯାଉଥିଲେହେଁ ଏହା ପୃଷ୍ଠତାନ ବଳଯୋଗୁଁ ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ । କାଚକୁ ଜଳ ଆର୍ଦ୍ର କରେ ଓ କାଚପୃଷ୍ଠରେ ପ୍ରସାରିତ ହୋଇ ଉପରକୁ ଉଠିବାକୁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରବୃତ୍ତିକୁ କାଚନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳ ସ୍ତମ୍ଭର ଓଜନ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ । ସୁତରାଂ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଜଳ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠି ସ୍ଥିର ରହେ । ଏହି କ୍ରିୟାକୁ କୈଶିକତା (Capillarity) କୁହାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର 102)

ବର୍ତ୍ତମାନ ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳପୃଷ୍ଠର ଆକାର ବିଷୟ ଆଲୋଚନା କରିବା । ଏଠାରେ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ପୃଷ୍ଠତ୍ୱକ୍ (Elastic surface skin) ଉପରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ P_a ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ପଡ଼େ । ପୁଣି ନିମ୍ନ ଦିଗରୁ P_a ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ପରିମାଣର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଚାପ P ପଡ଼େ । ଏହି ଦୁଇଟି ଚାପର ପ୍ରଭେଦ, h ଉଚ୍ଚତାବିଶିଷ୍ଟ ଜଳସ୍ତମ୍ଭର ଚାପ ସହିତ ସମାନ । ସୁତରାଂ ଏହି ଦୁଇଟି ଚାପ ମଧ୍ୟରୁ ବେଶୀ ପରିମାଣର ଚାପ P_a ପୃଷ୍ଠତ୍ୱକ୍‌କୁ ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ବର୍ଦ୍ଧନ (Bulge) କରିଦିଏ । ଯଦି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା d ହୁଏ, ତେବେ ପୃଷ୍ଠତ୍ୱକ୍‌ର ବିପରୀତ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ପଡୁଥିବା ଚାପର ପ୍ରଭେଦ ହେଉଛି ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପ୍ରତି hdg ଡ଼ାଇନ୍ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଯଦି କୈଶିକନଳୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ସେ:ମି: ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ଏହି ଚାପ ପଡ଼ୁଥିବା କ୍ଷେତ୍ରର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ହେଉଛି πr^2 । ପୁଣି ପୃଷ୍ଠତ୍ୱକ୍ ଉପରେ ନିହିତ ପରିଣାମୀ ଭୂଲମ୍ବ ବଳ, $P = hdg\ \pi r^2$ ...... (1)

ଏହି ବଳକୁ ନଳୀର ସମଗ୍ର ଅନ୍ତସ୍ଥ ପରିସୀମା (Inner Boundary) ରେ ନିହିତ ପୃଷ୍ଠତାନ ବଳ Tର ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ (Vertical Component) ସନ୍ତୁଳିତ କରିଥାଏ ।

ଏହି ସନ୍ତୁଳନ ବଳର ପରିମାଣ $2\pi r \times T \cos\theta$

ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ କାଚ ନଳୀକୁ ଆର୍ଦ୍ର କରୁଥିବା ଯୋଗୁଁ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ $\theta = 0$

ଅତଏବ ନଳୀର ପରିସୀମାରେ ନିହିତ ପୃଷ୍ଠତାନ ବଳଗୁଡ଼ିକ ଭୂଲମ୍ବ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱବଳ ଓ ସେଗୁଡ଼ିକର ପରିମାଣ $T \times 2\pi r$ ($\because \cos\theta = 1$)

ସୁତରାଂ $T \times 2\pi r = P = hdg\pi r^2$

ଅଥବା $T = \dfrac{hdg\pi r^2}{2\pi r} = \dfrac{hdgr}{2}$

ନଳୀ ରନ୍ଧ୍ରର ବ୍ୟାସ ଛୋଟ ହୋଇଥିଲେ ନଳୀସ୍ଥ ଜଳର ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରାୟ ଗୋଲାର୍ଦ୍ଧ ଆକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ । ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳପୃଷ୍ଠର ସର୍ବନିମ୍ନ ବିନ୍ଦୁ ଦେଇ ଗତି କରିଥିବା

ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳ ଉପରେ ରହିଥିବା ଜଳର ଆୟତନ, r ଉଚ୍ଚତା ଓ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧବିଶିଷ୍ଟ ସ୍ତମ୍ଭକ ପରିମାଣର ଜଳ ଓ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲାର୍ଦ୍ଧ ପରିମାଣ ଜଳର ପ୍ରଭେଦ ସହିତ ସମାନ । ଅର୍ଥାତ୍ ଏହି ଜଳର ପରିମାଣ

$$=\pi r^3 - \frac{2}{3}\pi r^3 = \frac{\pi r^3}{3}$$

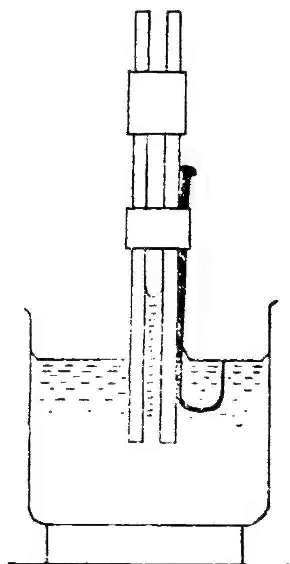
ଛୋଟ ଛିଦ୍ରବିଶିଷ୍ଟ ନଳୀରେ ଜଳପୃଷ୍ଠର ସର୍ବନିମ୍ନ ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ hର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଯୋଗୁଁ ମାପରେ ଯେଉଁ ତ୍ରୁଟି ରହିଯାଉଛି, ତାହକୁ ସଂଶୋଧନ କରିବା ସକାଶେ hର ମୂଲ୍ୟ ସହିତ $\frac{1}{3}$ r ର ଯୋଗ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ତେବେ ପୃଷ୍ଠତାନର ଠିକ୍ ସୂତ୍ର ହେବ,

$$T = \frac{rdg}{2}\left(h + \frac{1}{3}r\right) \quad ......(2)$$

ଏହି କୈଶିକତା ଯୋଗୁଁ ଜଳୁଥିବା ଲଣ୍ଠନରେ ବତୀ ଦେଇ ତେଲ ଉପରକୁ ଉଠିଥାଏ । ସେହିଭଳି ବ୍ଲଟିଙ୍ଗ୍ କାଗଜର ଅସଂଖ୍ୟ ସୂକ୍ଷ୍ମ ଛିଦ୍ରରେ କୈଶିକ କ୍ରିୟା ଯୋଗୁଁ ବ୍ଲଟିଙ୍ଗ କାଗଜ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ ଶୋଷଣ କରିନେଇଥାଏ ।

18.4 କୈଶିକାରୋହଣ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :—

ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟାସର ରନ୍ଧ୍ରବିଶିଷ୍ଟ 2, 3 ଗୋଟି କାଚ କୈଶିକନଳୀ ନିଅ । ପ୍ରଥମେ ନଳୀଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଗାଢ଼ ଗନ୍ଧକାମ୍ଳ ଓ ତାହାପରେ ପାତିତ ଜଳ ପ୍ରବେଶ କରାଇ ନଳୀଗୁଡ଼ିକର ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିକୁ ପରିଷ୍କାର କରିନିଅ । ଖଣ୍ଡେ ତାର ନେଇ ତାହାର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ମୁନିଆ କର ଓ ତାହାକୁ ଦୁଇଥର ସମକୋଣରେ ବଙ୍କା କର । ତାରଟି ନେଇ ଗୋଟିଏ କୈଶିକନଳୀ ସହିତ ରବର ରଜ୍ଜୁ (ପଟି) ସାହାଯ୍ୟରେ ବାନ୍ଧି ରଖ (ଚିତ୍ର 103) । ବର୍ତ୍ତମାନ କୈଶିକନଳୀଟିକୁ ଗୋଟିଏ ଷ୍ଟାଣ୍ଡରେ ଲୁଲମ୍ବରେ ଏପରି ଭାବରେ ଭିଡ଼ିରଖଯେ ନଳୀର ତଳ ମୁଣ୍ଡ ଗୋଟିଏ ବିକରସ୍ଥ ଜଳରେ ବୁଡ଼ି ରହିବ । ବିକର୍‌ଟି ଏପରି ଭାବେ ସଜାଇ ରଖିଥିବ ଯେ କୈଶିକ ନଳୀକୁ ହଲଚଲ ନ କରି ବିକର୍‌ଟିକୁ ସହଜରେ ନିଜ ସ୍ଥାନରୁ ଉଠାଇ ନିଆଯାଇ ପାରିବ । ଏବେ ନଳୀଟିକୁ ଉପରକୁ କିମ୍ବା ତଳକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇ ଏପରି ସ୍ଥଳରେ ସ୍ଥିର କରି ଷ୍ଟାଣ୍ଡରେ ଭିଡ଼ିବ ଯେ, ତାରର ମୁନଟି ଠିକ୍ ଜଳ ପୃଷ୍ଠରେ ରହିବ । ତାରର ମୁନଟିକୁ କୈଶିକନଳୀର କିମ୍ବା ବିକର୍‌ର ପାର୍ଶ୍ୱର ଅତି ନିକଟରେ ରଖିବ ନାହିଁ । କୈଶିକନଳୀର ଉପର ମୁଣ୍ଡ ସହିତ ଖଣ୍ଡେ ରବର ନଳୀ ସଂଯୋଗ କରି ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁକୁ ଶୋଷିନିଅ । ନଳୀ ଭିତରକୁ ଜଳ ଉଠିବ ଓ ତଦ୍ୱାରା ନଳୀର ଭିତର ପାଖ ଆର୍ଦ୍ର ହେବ ।



(ଚିତ୍ର 103)

ବର୍ତ୍ତମାନ ନଳୀସ୍ଥ ଜଳପୃଷ୍ଠର ସର୍ବନିମ୍ନ ବିନ୍ଦୁ ପ୍ରତି ଗୋଟିଏ ଭରନିୟରଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣଯନ୍ତ୍ର ଫୋକସ୍ (Focus) କର ଓ ଯନ୍ତ୍ରଟି ଦର୍ଶାଉଥିବା ଅଙ୍କ ଟିପି ରଖ । ତାହାପରେ ଜଳଥିବା ବିକର୍‌ଟି ସେଠାରୁ ଉଠାଇ ନିଅ ଓ ପୂର୍ବପରି ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ତାର ମୁନପ୍ରତି ଫୋକସ୍ କର । ଏବେ ମଧ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ରଟି ଦର୍ଶାଉଥିବା ଅଙ୍କ

ଟିପିରଖ । ଏହି ଦୁଇଟି ଅଙ୍କର ବିୟୋଗଫଳ ବାହାର କର । ଏହି ବିୟୋଗଫଳ ବିକର୍‌ର ଜଳପଉନଠାରୁ ନଳୀରେ ଆରୋହଣ କରିଥିବା ଜଳସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା ।

ଏହି ପରୀକ୍ଷା ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟାସର ରନ୍ଧ୍ରବିଶିଷ୍ଟ କୈଶିକନଳୀ ନେଇ ଆବୃତି କର ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ ନଳୀର ରନ୍ଧ୍ରର ବ୍ୟାସ ମାପ । ସେଥି ସଙ୍ଗେ ବିକରସ୍ଥ ଜଳର ତାପମାତ୍ରା ମଧ୍ୟ ଲେଖି ରଖ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରୀକ୍ଷାଫଳରୁ ପୂର୍ବ ଅନୁଚ୍ଛେଦର 2 ନମ୍ବର ସୂତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରି ପୃଷ୍ଠତାନ ବଳର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଉଦାହରଣ

5·0 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତାରର ଢ଼ାଞ୍ଚାକୁ 20°c ତାପମାତ୍ରାରେ ଥିବା ଜଳର ପୃଷ୍ଠରୁ ଟାଣିନେବା ସକାଶେ, ଢ଼ାଞ୍ଚାର ଓଜନ ବାହାରେ 728 ଡାଇନ୍ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଛି । ବଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ହିସାବ କର ।

ତାରର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଗୋଟିଏ ପଟଳ ରହିଛି । ସୁତରାଂ ପଟଳର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଦୁଇଗୁଣ ହେବ ।

$$T=\frac{F}{L}=\frac{F}{2L}=\frac{728 \text{ ଡାଇନ୍}}{2\times 5\cdot 00 \text{ ସେ:ମି:}}=72\cdot 8 \text{ ଡାଇନ୍/ସେ:ମି:}$$

ସାରାଂଶ

1. ପୃଷ୍ଠତାନ:—ଯେକୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରସାରିତ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ପରଦା ଭଳି ଟାଣି ହୋଇ ରହିଥାଏ । ଏହି ପତଳା ପରଦାକୁ ଟାଣି ଧରିଥିବା ବଳକୁ ପୃଷ୍ଠତାନ ବଳ କୁହାଯାଏ । ପୃଷ୍ଠତାନ କହିଲେ ସାଧାରଣତଃ ପୃଷ୍ଠତାନ ବଳ ଏକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏକକ ପ୍ରତି ବୁଝାଏ ।

2. ସ୍ପର୍ଶକୋଣ:—ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ଆଧାରର କାଛ ତଳକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରିଥାଏ ସେହି ସ୍ପର୍ଶ ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶ ବିନ୍ଦୁଠାରୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଦିଗରେ ଯେଉଁ ସ୍ପର୍ଶକ ଦୁଇଟି ଟଣା ଯାଇଥାଏ, ସେହି ସ୍ପର୍ଶକ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟସ୍ଥ କୋଣକୁ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ କୁହାଯାଏ ।

ତରଳ ପଦାର୍ଥ କାଚକୁ ଆର୍ଦ୍ର କଲେ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ ସୂକ୍ଷ୍ମକୋଣ ହୁଏ । ତରଳ ପଦାର୍ଥ କାଚକୁ ଆର୍ଦ୍ର ନ କଲେ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ ସ୍ଥୂଳକୋଣ ହୁଏ । କାଚ ଓ ଜଳ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ $\theta=0°$

3. ପୃଷ୍ଠତାନର ସୂତ୍ର:— $T=\frac{r.d.g}{2}\left(h+\frac{r}{3}\right)$

(T=ପୃଷ୍ଠତାନ; r=କୈଶିକନଳୀର ଅନ୍ତର୍ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ; g=ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଜନିତ ତ୍ୱରଣ; h=କୈଶିକନଳୀରେ ଆରୋହଣ କରିଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା ଓ d=ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା) ।

କୈଶିକାରୋହଣ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଜଳ କିମ୍ବା ଯେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇଥାଏ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନ କହିଲେ କଣ ବୁଝାଏ ? ଏହାର ବିଶଦ ଆଲୋଚନା କର । ପୃଷ୍ଠତାନର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ଦର୍ଶାଇବା ସକାଶେ କେତେଗୋଟି ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।

2. 0·5 ମି:ମି: ଅନ୍ତର୍ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୈଶିକନଳୀ ଭୂଲମ୍ବରେ କୌଣସି ପାତ୍ରସ୍ଥ ଜଳରେ ବୁଡ଼ି ରହିଛି । ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ସେ:ମି: ପ୍ରତି 73 ଡାଇନ୍‌ର ବଳ ହେଲେ କୈଶିକନଳୀରେ ପାତ୍ରସ୍ଥ ଜଳ ପତ୍ତନଠାରୁ କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଜଳ ଆରୋହଣ କରିବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 5·950 ସେ:ମି:)

3. ଜଳ ଓ ପାରଦଥିବା ନଳୀମଧ୍ୟର ଇନ୍ଦୁକଳା ବା ମିନିସ୍‌କସ (Meniscus) ର ଆକାର ନେଇ ଆଲୋଚନା କର । ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ କୈଶିକାରୋହଣ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ କି ରୂପେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବ ତାହା ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

4. 'ପୃଷ୍ଠତାନ' ଓ 'ସ୍ପର୍ଶକୋଣ' ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ନିରୂପଣ କରିବା ସକାଶେ ତତ୍ସହ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।
0·5 ମି:ମି: ଅନ୍ତର୍ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୈଶିକନଳୀ 28·4 ଡ଼ାଇନ୍/ସେ:ମି: ପୃଷ୍ଠତାନବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଓସାରିଆ ପାତ୍ରରେ ଭୂଲମ୍ବରେ ବୁଡ଼ି ରହିଛି । ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 0·8 ଓ ତାହା ନଳୀଟିକୁ ଆର୍ଦ୍ର କରୁଛି । ନଳୀମଧ୍ୟରେ କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଉଠିବ ହିସାବ କର । ($g=980$ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ^2)
(ଉ: 2·89 ସେ:ମି:)

5. 1·2 ମି:ମି: ଅନ୍ତର୍ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୈଶିକନଳୀ ଗୋଟିଏ ଓସାରିଆ ପାତ୍ରର ଜଳରେ ଭୂଲମ୍ବରେ ବୁଡ଼ି ରହିଛି । ନଳୀମଧ୍ୟରେ 2·45 ସେ:ମି: ଉଚ୍ଚକୁ ଜଳ ଆରୋହଣ କରିଛି । ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ($g=980$ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ^2)
(ଉ: 72·618 ଡ଼ାଇନ୍/ସେ:ମି:)

6. କୌଣସି ତାରର ଦ୍ରବ୍ୟ (material) ର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 8·50 । ତାରଟି ଯଦି ଜଳଦ୍ୱାରା ଆର୍ଦ୍ର ହୁଏ ନାହିଁ, ତେବେ ଜଳ ପୃଷ୍ଠରେ ଭାସମାନ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିପାରିବ । ଗୋଟିଏ ତାରର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବ୍ୟାସ କେତେ ? (ଉ: 1·49 ମି:ମି:)

7. 4·0 ସେ:ମି: ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସାବୁନ୍‌ରେ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍‌ରେ ପୃଷ୍ଠତାନଜନିତ ଚାପର ପରିମାଣ କେତେ ? ସାବୁନ୍ ଦ୍ରବଣର ପୃଷ୍ଠତାନ $T=30$ ଡ଼ାଇନ୍/ସେ:ମି:
(ଉ: 60 ଡ଼ାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି:)

8. 0·60 ମି:ମି: ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୈଶିକନଳୀରେ 0·80 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା, ପୁଣି 30 ଡ଼ାଇନ୍/ସେ:ମି: ପୃଷ୍ଠତାନର ତରଳ ପଦାର୍ଥ କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିବ ? (ଉ: 2·552 ସେ:ମି:)

9. ଦୁଇଟି ଚେପ୍‌ଟା କାଚ ଥାଳିଆ ଭୂଲମ୍ବରେ 0·80 ମି:ମି: ବ୍ୟବଧାନରେ ରଖାଯାଇଛି । ଥାଳିଆ ଦୁଇଟିର ନିମ୍ନଧାରଗୁଡ଼ିକ 0.79 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ ସୁରସାରରେ ରହିଛି । ସୁରସାରର ପୃଷ୍ଠତାନ 22·3 ଡ଼ାଇନ୍/ ସେ:ମି ହେଲେ ଥାଳିଆ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ସୁରସାର ଉଠିବ ? (ଉ: 1·44 ସେ:ମି:)

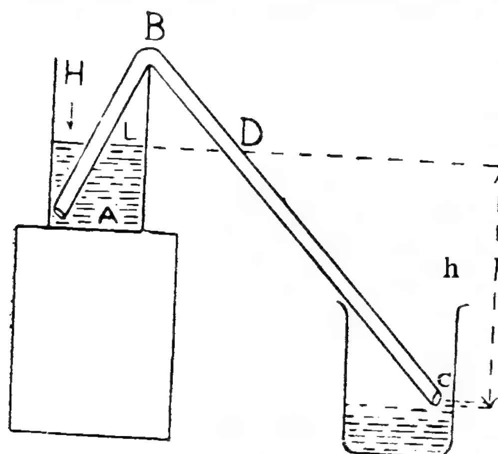
ଊନବିଂଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ଉଦସ୍ଥିତି ଯନ୍ତ୍ର

Hydrostatic Machines

19.1 ସାଇଫୋନ୍ ବା ବକନାଳ ଯନ୍ତ୍ର (Siphon) :

ଏହା ଗୋଟିଏ ସରଳ ଯନ୍ତ୍ର । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଚ୍ଚ ସ୍ଥାନରେ ଥିବା କୌଣସି ପାତ୍ରର ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ ପାତ୍ରଟିକୁ ନ ଘୁଞ୍ଚାଇ ନିମ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଥିବା କୌଣସି ପାତ୍ରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରାଯାଇ ପାରେ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟି ଗୋଟିଏ ବଙ୍କା କାଚନଳୀ ABCରେ ନିର୍ମିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 104) । ଏହାର AB ବାହୁ BC ବାହୁ ଅପେକ୍ଷା ଛୋଟ ।



(ଚିତ୍ର 104)

କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା

ପ୍ରଥମେ ସମଗ୍ର ନଳୀଟିକୁ ସମ୍ପୃକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରି ତାହାର ଦୁଇମୁଣ୍ଡ A ଓ Cକୁ ଆଙ୍ଗୁଠି ଟିପ ସାହାଯ୍ୟରେ ବନ୍ଦ କରି ଦିଆଯାଏ । ତାହାପରେ ଯନ୍ତ୍ରର ଛୋଟ ବାହୁକୁ ଉଚ୍ଚ ସ୍ଥାନରେ ଥିବା ପାତ୍ରର ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ; ପୁଣି ଦୀର୍ଘ ବାହୁକୁ ନିମ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଥିବା ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରାଇ ଦିଆଯାଏ । ଏହା କରିସାରିବା ପରେ ନଳୀ ମୁଣ୍ଡରୁ ଆଙ୍ଗୁଠି ଟିପ ବାହାର କରିନେଲେ ପ୍ରଥମ ପାତ୍ରର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ନଳୀ ଦେଇ ABC ଦିଗରେ ଏକ ଅଖଣ୍ଡ ଧାରରେ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇ ଦ୍ୱିତୀୟ ପାତ୍ରରେ ଯାଇ ପଡ଼େ ।

କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ସୂତ୍ର (Working principle) :

ମନେକର L ଓ D ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ (L ପ୍ରଥମ ପାତ୍ରର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପୃଷ୍ଠରେ ଓ D ନଳୀର BC ଅଂଶରେ) ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ରେଖାରେ ଅବସ୍ଥାନ କରନ୍ତି । D ଠାରେ ଚାପ=L ଠାରେ ଥିବା ଚାପ=ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ H

ବର୍ତ୍ତମାନ ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ C ଠାରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ=D ଠାରେ ଚାପ+DC ସ୍ତମ୍ଭବିଶିଷ୍ଟ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ=H+h

କିନ୍ତୁ C ଠାରେ ବହିଃସ୍ଥ ଚାପ=କେବଳ ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳର ଚାପ H । ସୁତରାଂ C ଠାରେ ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ ବାହ୍ୟ ଚାପଠାରୁ ବେଶୀ ଏବଂ ଏହି

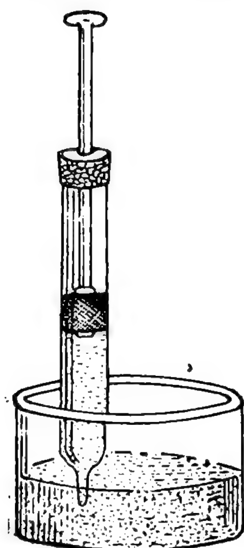
ବେଶୀ ଚାପର ପରିମାଣ DC ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସ୍ତମ୍ଭର ଚାପ ସହିତ ସମାନ । ଫଳରେ DC ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଏହି ଅଧିକ ଚାପ ଯୋଗୁଁ DC ନଳୀରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା DCରେ ଏକ ଆଂଶିକ ଶୂନ୍ୟତାର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ପୁଣି DC ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଚାପ କମିଯାଏ । ଏହି ଚାପ ହ୍ରାସକୁ ପୂରଣ କରିବା ସକାଶେ ପ୍ରଥମ ପାତ୍ରର ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପଡୁଥିବା ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ H ଉକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ AB ନଳୀ ମଧ୍ୟକୁ ଠେଲେ । ଏହାଦ୍ୱାରା ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ABC ଦିଗରେ କ୍ରମାଗତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

C ଠାରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ ସେତେବେଳେ ବାହାର ଚାପ ଅପେକ୍ଷା ବେଶୀ ରହେ । ସୁତରାଂ ଯନ୍ତ୍ରଟିରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଏକ ଅଖଣ୍ଡ ସ୍ରୋତରେ ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

ଏଠାରେ ଦୁଇଟି ବିଷୟ ମନେରଖିବାକୁ ହେବ ଯେ ନଳୀର C ମୁଣ୍ଡଟି ସଦାବେଳେ ପ୍ରଥମ ପାତ୍ରର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପୃଷ୍ଠଠାରୁ ନିମ୍ନରେ ରହିଥିଲେହିଁ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟି ସନ୍ତୋଷଜନକ ଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଦ୍ୱିତୀୟତଃ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ସକାଶେ AB ବାହୁର ଉଚ୍ଚତା (Vertical height) ଉକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ନିର୍ମିତ ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରର ଉଚ୍ଚତା ଠାରୁ କମ୍ ହେବା ନିତାନ୍ତ ଦରକାର; କାରଣ ଯନ୍ତ୍ରଟି ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳର ଚାପଦ୍ୱାରା କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

19.2 ପିଚକାରି (Syringe) :

ପିଚକାରି ହେଉଛି ଅତ୍ୟନ୍ତ ସରଳ ଧାରଣର ଜଳଉଠା ପମ୍ପ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟି କୌଣସି ଧାତୁ ଅଥବା କାଚର ଗୋଟିଏ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ନଳୀରେ ନିର୍ମାଣ କରାଯାଇଥାଏ । ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଜଳ-ନିରୋଧକ ପିଷ୍ଟନ୍ (Piston) ଗତି କରୁଥାଏ । (ଚିତ୍ର 105) ସ୍ତମ୍ଭାକାର ନଳୀର ତଳ ମୁଣ୍ଡଟି ସରୁଆ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ସରୁଆ ମୁଣ୍ଡକୁ ଜଳରେ ବୁଡ଼ାଇ ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ଉପରକୁ ଟାଣିନେଲେ ପିଷ୍ଟନ୍ ନିମ୍ନରେ ଆଂଶିକ ଶୂନ୍ୟତା (Vacuum) ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଫଳରେ ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ଯଥେଷ୍ଟ କମ୍ଭ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ଅବସରରେ ଜଳ ପୃଷ୍ଠରେ ପଡୁଥିବା ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳର ଚାପ ଜଳକୁ ନଳୀ ଭିତରକୁ ଠେଲି ନିଏ ଓ ନଳୀଟି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣରେ ଜଳ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଯାଏ । ଏବେ ପିଚକାରିକୁ ଜଳପୃଷ୍ଠରୁ ବାହାର କରି ନେଇ ତାହାର ତଳମୁଣ୍ଡକୁ ଯେକୌଣସି ଦିଗକୁ ଦେଖାଇ ପିଷ୍ଟନକୁ ଠେଲିଲେ ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳ କ୍ଷିପ୍ର ଗତିରେ ଯାଇ ପଡ଼େ ।



(ଚିତ୍ର 105)

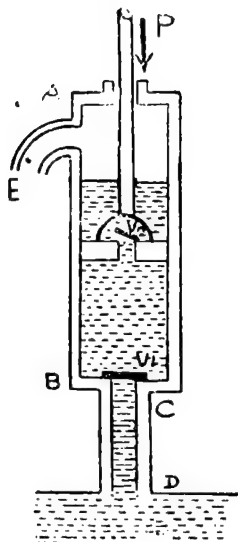
ଉପରୋକ୍ତ ନିୟମାନୁଯାୟୀ ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ପମ୍ପରେ ଜଳ ଉଠା ଯାଇଥାଏ ।

19.3 ଉଠା ପମ୍ପ (Lift Pump) :

କୂପରୁ ଜଳ ଉଠାଇବା ସକାଶେ ଏହି ପମ୍ପ ପୁରାତନ କାଳରୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି ।

ଏହା ଗୋଟିଏ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ନଳୀ ABରେ ନିର୍ମିତ । ନଳୀଟି ପିପା ବା ବ୍ୟାରେଲ୍ (Barrel) ରୂପେ ପରିଚିତ ।

ମିପାର ଉପର ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରସ୍ରବଣ ନଳୀ (Outlet) E ରହିଛି । (ଚିତ୍ର 106) ପିପାର ତଳମୁଣ୍ଡ ସହିତ ଗୋଟିଏ ଦୀର୍ଘ ଲୁଲମ୍ବ ନଳୀ CD ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଛି । ଏହି ନଳୀଟି କୂପ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳରେ ବୁଡ଼ି ରହେ । ପିପା ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ନିରୋଧକ (Air tight) ପିଷ୍ଟନ P ଗତି କରୁଛି । V_1 ଓ V_2 ଦୁଇଟି ଭଲ୍‌ଭ ଯଥାକ୍ରମେ ପିପାର ତଳମୁଣ୍ଡରେ ଓ ପିଷ୍ଟନ୍ ମଧ୍ୟରେ ସଜାଇ ରଖାଯାଇଛି । ଉଭୟ ଭଲ୍‌ଭ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଦିଗରେ ଖୋଲି ହୁଅନ୍ତି; ଜଳ କିମ୍ବା ବାୟୁକୁ ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହେବାକୁ ସେମାନେ ଛାଡନ୍ତି ନାହିଁ ।



(ଚିତ୍ର 106)

କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା :

ପ୍ରଥମେ ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବେ ଉପରକୁ ଟାଣିଲେ ପିପା ମଧ୍ୟରେ ପିଷ୍ଟନ ତଳକୁ ଏକ ଆଂଶିକ ଶୂନ୍ୟତା ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରିସ୍ଥ ବାୟୁ ଏହି ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ପ୍ରବେଶ କରିପାରେ ନାହିଁ, କାରଣ V_2 ଭଲ୍‌ଭ ଉପରିସ୍ଥ ଚାପ ଯୋଗୁଁ ଭଲଭଟି ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । କିନ୍ତୁ CD ନଳୀସ୍ଥ ବାୟୁର ବଳ ଯୋଗୁଁ V_1 ଭଲ୍‌ଭ ଖୋଲି ହୋଇଯାଏ ଓ CD ନଳୀସ୍ଥ ବାୟୁ ପିପା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ପ୍ରସାରିତ ହୁଏ । ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ CDସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ହ୍ରାସ ପାଇଯାଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ CD ଭିତରକୁ ଜଳ ଉଠେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ତଳକୁ ଠେଲିଲେ ପିପାର ବାୟୁ ସଙ୍କୁଚିତ ହୁଏ, V_1 ଭଲଭ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ ଓ V_2 ଭଲ୍‌ଭ ଖୋଲି ହୋଇଯାଏ । ପିପା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁ V_2 ଭଲ୍‌ଭ ଦେଇ ପଦାକୁ ବାହାରିଯାଏ । ଏହି ରୂପେ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର କେତେଗୋଟି ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଓ ନିମ୍ନଗତି ଫଳରେ ଜଳବାହୀ ନଳୀ CD ରେ ଜଳର ପତନ C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉଠିଆସେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ଉପରକୁ ଟାଣିଲେ V_1 ଭଲ୍‌ଭ ଖୋଲିଦେଇ ପିପା ମଧ୍ୟରେ ଜଳ ପ୍ରବେଶ କରେ, ପୁଣି ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ନିମ୍ନଗତି ବେଳେ ପିପା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳ V_2 ଭଲ୍‌ଭକୁ ଠେଲି ପିଷ୍ଟନ ଉପରକୁ ଉଠିଯାଏ । ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ବେଳେ ପିପା ମଧ୍ୟରେ ଆହୁରି ଅଧିକ ପରିମାଣର ଜଳ ପ୍ରବେଶ କରେ । ପୁଣି ସେଥିସଙ୍ଗେ ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରକୁ ଆଗରୁ ଉଠିଥିବା ଜଳ ପ୍ରସ୍ରବଣ ନଳୀ ଦେଇ ପଦାକୁ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

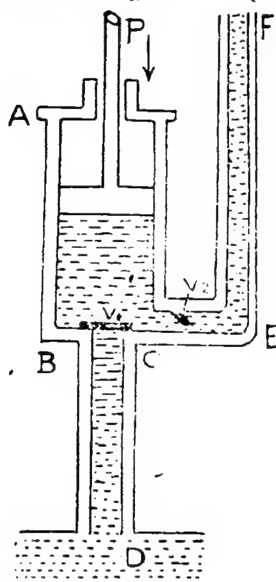
ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ବିଷୟ ଏହି ଯେ, କୂପର ଜଳ ପୃଷ୍ଠରେ ପଡ଼ୁଥିବା ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପହିଁ କୂପ ଜଳକୁ ଜଳବାହୀ ନଳୀ CD ଦେଇ ପିପା ମଧ୍ୟକୁ ଠେଲେ । ସୁତରାଂ ଜଳବାହୀ ନଳୀ CD ର ଉଚ୍ଚତା ଜଳ ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରର ଉଚ୍ଚତା ଠାରୁ କମ୍ ହେବା ନିତାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ।

19.4 ଉତ୍‌କ୍ଷେପୀ ପମ୍ପ (Force Pump) :

ଏହି ପମ୍ପର ଗଠନ ପ୍ରଣାଳୀ ଜଳ ଉଠା ପମ୍ପର ଗଠନ ପ୍ରଣାଳୀ ଠାରୁ ଭିନ୍ନ ।

ଏହି ପମ୍ପରେ ପ୍ରସ୍ରବଣ ନଳୀ EF (ଚିତ୍ର ନଂ 107) ପିପାର ତଳ ମୁଣ୍ଡରେ ରହିଛି । ପିଷ୍ଟନ୍‌ରେ କୌଣସି ଭଲ୍‌ଭ ନ ଥାଏ । ତାହା ପରିବର୍ତ୍ତେ ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ

ପ୍ରସ୍ରବଣ ନଳୀ ପିପା ସହିତ ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଛି ସେହି ସ୍ଥାନରେ V_2 ଭଲ୍‌ଭ ସଜାଇ ରଖା ଯାଇଛି । ପୁଣି ଏହି ଭଲ୍‌ଭଟି ପ୍ରସ୍ରବଣ ନଳୀ ମଧ୍ୟକୁ ଖୋଲି ହେଉଛି ।



(ଚିତ୍ର 107)

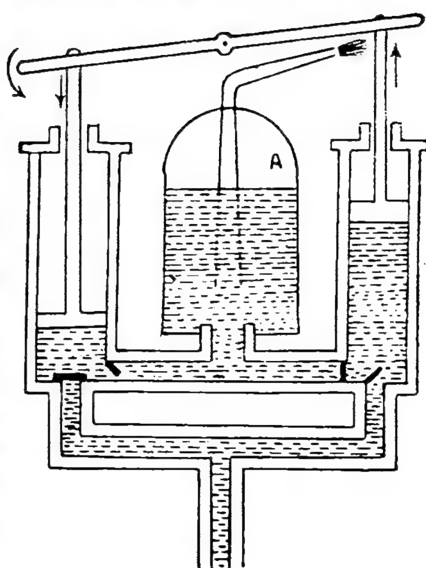
କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା : ଏହି ପମ୍ପରେ ମଧ୍ୟ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ପ୍ରଥମ କେତେଗୋଟି ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଓ ନିମ୍ନଗତି ଯୋଗୁଁ ଜଳଉଠା ପମ୍ପ ଭଳି ଜଳବାହୀ ନଳୀ CD ରେ ପିପାର ତଳମୁଣ୍ଡ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳ ଉଠେ । ତାହାପରେ ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ଉପରକୁ ଟାଣିଲେ ପିପା ଭିତରେ ଜଳ ପ୍ରବେଶ କରେ । ପୁଣି ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ନିମ୍ନକୁ ଠେଲିଲେ ସେହି ଜଳ V_2 ଭଲ୍‌ଭକୁ ଠେଲି ପ୍ରସ୍ରବଣ ନଳୀ EF ରେ ଉପରକୁ ଉଠେ । ଏହି ପମ୍ପ ଜଳକୁ ବହୁତ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠାଇ ଥାଏ; ଏପରିକି ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଠା ପମ୍ପ ଅପେକ୍ଷା ଆହୁରି ଅଧିକ ଉଚ୍ଚକୁ ଜଳ ଉଠାଯାଇ ପାରେ ।

ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ଜଳବାହୀ ନଳୀ CD ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଜଳ ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରର ଉଚ୍ଚତାଠାରୁ (ପ୍ରାୟ 34′ରୁ) ବେଶୀ ହେବା ଉଚିତ ନୁହେଁ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଆଉ ଗୋଟିଏ କଥା ବିଚାରକୁ ନେବା । ଉଠା ପମ୍ପ କିମ୍ବା ଉତ୍‌କ୍ଷେପୀ ପମ୍ପ କ୍ରମାଗତରେ ଜଳ ଯୋଗାଇ ପାରିବେ ନାହିଁ । ଉତ୍‌କ୍ଷେପୀ ପମ୍ପରେ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର କେବଳ ନିମ୍ନଗତି ବେଳେ ଜଳ ଉପରକୁ ଉଠେ; ପୁଣି ଉଠା ପମ୍ପରେ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର କେବଳ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ବେଳେ ଜଳ ଉପରକୁ ଉଠେ । ସୁତରାଂ ଏହି ଦୁଇଟି ଧରଣର ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ଅଖଣ୍ଡ ସ୍ରୋତରେ ଜଳ ଉଠାଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ । ଅଖଣ୍ଡ ସ୍ରୋତରେ ଜଳ ଉଠାଇବା ଯନ୍ତ୍ର ଦମକଳ ନାମରେ ପରିଚିତ ।

19.5 ଦମକଳ (Fire Engine) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଦୁଇଟି ଉତ୍‌କ୍ଷେପୀ ପମ୍ପ ଏପରି ଭାବରେ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସଂଲଗ୍ନ ହୋଇ ରହିଥାଏ ଯେ (ଚିତ୍ର 108) ଗୋଟିଏ ପମ୍ପର ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ବେଳେ ଅନ୍ୟ ପମ୍ପର ପିଷ୍ଟନ୍‌ଟି ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥାଏ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଦୁଇ ପମ୍ପରୁ ଜଳ ଯାଇ ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ (Air Chamber) Aରେ ପ୍ରବେଶ କରେ । ଏହି ଜଳ ପ୍ରକୋଷ୍ଠସ୍ଥ ବାୟୁକୁ ସଙ୍କୁଚିତ କରେ । ଫଳରେ ଏହି ସଙ୍କୁଚିତ ବାୟୁ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଜଳକୁ ନିର୍ଗମନ ନଳୀ ବାଟେ ଏକ ଅଖଣ୍ଡ ସ୍ରୋତରେ କ୍ଷେପଣ କରେ ।

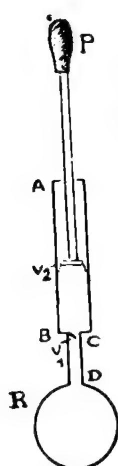


(ଚିତ୍ର 108)

ବାୟୁପମ୍ପ

19.6 ବାୟୁ ସଂପୀଡ଼ନ ପମ୍ପ (Air Compression Pump or Inflator) :

ଏହି ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ପାତ୍ରସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ବୃଦ୍ଧି କରଯାଇ ଥାଏ । ସାଇକେଲ ପମ୍ପ ଓ ଫୁଟ୍‌ବଲ ପମ୍ପ ବାୟୁ ସଂପୀଡ଼ନ ପମ୍ପର ସାଧାରଣ ଉଦାହରଣ ।



ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ ପିପା (Barrel) AB ଅଛି । ପିପା ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ନିରୋଧକ ପିଷ୍ଟନ୍ P ଉପର ମୁଣ୍ଡରୁ ତଳ ମୁଣ୍ଡ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗତି କରୁଛି । ପମ୍ପର ତଳ ମୁଣ୍ଡ ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ନଳୀ CD ଦ୍ୱାରା ବାୟୁ ସଂଗ୍ରାହକ ପାତ୍ର (Receiver) R ସହିତ ସଂଯୋଗ କରଯାଇଛି (ଚିତ୍ର 109) V_1 ଭଲ୍‌ଭ CD ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଓ V_2 ଭଲ୍‌ଭ ପିଷ୍ଟନ୍ ମଧ୍ୟରେ ସଜାଇ ରଖାଯାଇଛି । ଉଭୟ ଭଲ୍‌ଭ ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ଖୋଲି ହୁଅନ୍ତି ।

କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା : ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ପୂର୍ଣ୍ଣମାତ୍ରାରେ ଉପରକୁ ଟାଣିଲେ ପିପା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ହ୍ରାସ ହୋଇଯାଏ; V_1 ଭଲ୍‌ଭ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ ଓ V_2 ଭଲ୍‌ଭ ଖୋଲି ହୋଇଯାଏ । ଏହି ଅବସରରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ବାୟୁ ପିପା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରେ ଯଦ୍ୱାରା କି ପିପା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ସହିତ ସମାନ ହୋଇଯାଏ ।

ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ତଳକୁ ଠେଲିଲେ ପିପା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁ ସଙ୍କୁଚିତ ହୋଇଯାଏ; V_2 ଭଲ୍‌ଭ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ ଓ V_1 ଭଲ୍‌ଭ ଖୋଲି ହୋଇଯାଏ । ଏବେ (ଚିତ୍ର 109) ପିପା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁ ସଂଗ୍ରାହକ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟକୁ ଠେଲି ହୋଇ ପଶେ । ସୁତରାଂ ପିପାର ଆୟତନ ଯଦି v ଓ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ P ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ପ୍ରତ୍ୟେକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନିମ୍ନଗତି ବେଳେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ P ସହିତ ସମାନ ଥିବା v ଆୟତନର ବାୟୁ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ ।

ମନେକର ବାୟୁ ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ V ପୁଣି ସେଥିରେ ବାୟୁ ପୂରଣ କରିବା ଅବ୍ୟବହିତ ପୂର୍ବରୁ ତନ୍ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ P ସହିତ ସମାନ । ପିଷ୍ଟନ୍‌ର n ସଂଖ୍ୟକ ଆଘାତ ପରେ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟରେ $n \times v$ ଆୟତନର ବାୟୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ P ସହିତ ସମାନ ଚାପରେ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ସଂଗ୍ରାହକରେ ସମୁଦାୟ ଯେତେ ଆୟତନରେ ବାୟୁ ରହିଲା ତାହା ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଚାପ P ରେ ($V+nv$) ଆୟତନ ଅଧିକାର କରିବ । କିନ୍ତୁ ଏହି ଆୟତନର ବାୟୁକୁ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟରେ କେବଳ V ଆୟତନରେ ଆବଦ୍ଧ କରଯାଉଛି । ସୁତରାଂ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର n ସଂଖ୍ୟକ ଆଘାତ ପରେ ଯଦି ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ P_n ହୁଏ, ତେବେ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$P_n \times V = P\,(V+nv)$$

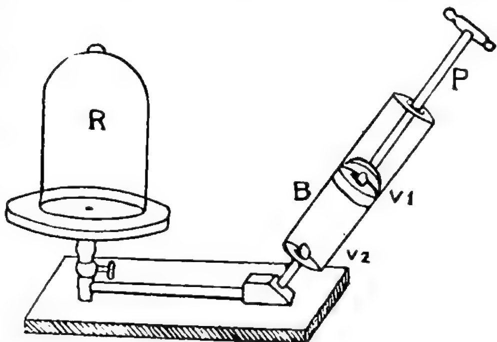
$$\text{ବା} \quad P_n = \frac{P\,(V+nv)}{V}$$

ଏହି ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ ଯେ କୌଣସି ସମୟରେ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇ ଥାଏ ।

19.7 ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପ (Air Exhaustion Pump) :

କୌଣସି ପାତ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁକୁ ନିଷ୍କାସନ କରିବା ସକାଶେ ଯେଉଁ ପମ୍ପ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇ ଥାଏ ସେହି ପମ୍ପକୁ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପ କୁହାଯାଏ । ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ବାୟୁ ପୂର୍ଣ୍ଣ ପାତ୍ରକୁ ସଂଗ୍ରାହକ (Receiver) କୁହା ଯାଇଥାଏ ।

ଗୋଟିଏ ସରଳ ଧରଣର ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପ (ଚିତ୍ର 110) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଏହି ପମ୍ପର ନିର୍ମାଣ ଶୈଳୀ ବାୟୁ ସଙ୍କୋଚନ ପମ୍ପର ନିର୍ମାଣ ଶୈଳୀ ସହିତ ଠିକ୍ ସମାନ; କିନ୍ତୁ ଏହି ପମ୍ପର V_1 ଓ V_2 ଭଲ୍‌ଭ ଦୁଇଟି ବାୟୁ ସଙ୍କୋଚନ ପମ୍ପର ଭଲ୍‌ଭ ଭଳି ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ଖୋଲି ନ ହୋଇ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଦିଗରେ ଖୋଲି ହୁଅନ୍ତି । P ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ନିରୋଧକ ପିଷ୍ଟନ୍ । ପିପା Bକୁ ଗୋଟିଏ ସଂଯୋଜକ ନଳୀ (Connecting tube) ଦ୍ୱାରା ସଂଗ୍ରାହକ R ସହିତ ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଛି । V_1 ଓ V_2 ଭଲ୍‌ଭଦ୍ୱୟ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଦିଗରେ ଖୋଲି ହୁଅନ୍ତି ।



(ଚିତ୍ର 110)

କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ବେଳେ ପିପା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ହ୍ରାସ ପାଇଯାଏ । ସେତେବେଳେ V_1 ଭଲଭ ଉପରେ ଚାପ ବେଶୀ ଥିବାରୁ ତାହା ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ, କିନ୍ତୁ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ଏହି ଚାପ ଅପେକ୍ଷା ବେଶୀ ହୋଇଥିବାରୁ V_2 ଭଲ୍‌ଭ ଖୋଲି ହୋଇଯାଏ । ଫଳରେ ସଂଗ୍ରାହକରୁ ବାୟୁ ଯାଇ ପିପା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରେ । ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ଏବେ ତଳକୁ ଠେଲିଲେ ପିପା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁ ସଙ୍କୁଚିତ ହୋଇଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ V_1 ଭଲ୍‌ଭ ଖୋଲି ହୋଇଯାଏ ଓ V_2 ଭଲଭ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । ସୁତରାଂ V_1 ଭଲ୍‌ଭ ଦେଇ ପିପାର ବାୟୁ ବାୟୁ-ମଣ୍ଡଳକୁ ଚାଲିଯାଏ ।

ଅତଏବ ପ୍ରତ୍ୟେକଥର ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ପୂର୍ଣ୍ଣ ମାତ୍ରାରେ ଉପରକୁ ଟାଣି ତଳକୁ ଠେଲିବା ଫଳରେ (ଏହାକୁ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ମୂଷଳୀ=ଆଘାତ କୁହାଯାଏ) ଏକ ପିପା ପୂର୍ଣ୍ଣ ବାୟୁ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟରୁ ବାହାରି ଆସେ ଓ ଏହା ଦ୍ୱାରା ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ଯଥେଷ୍ଟ ହ୍ରାସ ପାଇଯାଏ ।

n ସଂଖ୍ୟକ ଆଘାତପରେ ଚାପର ପରିମାଣ :

ମନେକର ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ V ଓ ପିପାର ଆୟତନ v । ମନେକର ସର୍ବ ପ୍ରଥମେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ଥିଲା P ।

ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ପ୍ରଥମ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ଆରମ୍ଭରେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଆୟତନ V ଓ ତାହାର ଚାପ P । ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ପ୍ରଥମ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ଶେଷରେ ଏହି ବାୟୁର ଆୟତନ ହେଉଛି $V+v$ । ସୁତରାଂ ଏହି ବାୟୁର ବର୍ତ୍ତମାନ ଚାପ ଯଦି P_1 ହୁଏ, ତେବେ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$P_1 (V+v)=P\times V$$

ଅଥବା $P_1=P\left(\frac{V}{V+v}\right)$

ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ନିମ୍ନଗତି ବେଳେ ପିପାର ବାୟୁ କେବଳ ନିଷ୍କାସିତ ହୁଏ, କିନ୍ତୁ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ନାହିଁ ।

ସୁତରାଂ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ପ୍ରଥମ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆଘାତ (stroke) ଶେଷରେ ସଂଗାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ $P_1=\left(\frac{V}{V+v}\right)$

ପୁଣି ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଏହି ଚାପ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ଦ୍ୱିତୀୟ ଆଘାତ ଆରମ୍ଭର ଚାପ ଅଟେ । ସେହିଭଳି ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ଦ୍ୱିତୀୟ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗତି ଶେଷରେ ଯଦି ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ P_2 ହୁଏ ତେବେ ପୂର୍ବପରି $p_2\times(V+v)=P_1\times V$

ଅଥବା $P_2=P_1\left(\frac{V}{V+v}\right)=P\left(\frac{V}{V+v}\right)^2$

ସୁତରାଂ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ଦ୍ୱିତୀୟ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆଘାତ ଶେଷରେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ,

$$P_2=P\left(\frac{V}{V+v}\right)^2$$

ଏହି ପ୍ରଣାଳୀ କ୍ରମାଗତରେ ଚାଲିଲେ, ଯଦି n ସଂଖ୍ୟକ ଆଘାତ ଶେଷରେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ P_n ହୁଏ,

ତେବେ $P_n=P\left(\frac{V}{V+v}\right)^n$

ଏହି ସୂତ୍ରରୁ ଆମ୍ଭେମାନେ ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହୋଇ ପାରିବା ଯେ ଆଘାତର ସଂଖ୍ୟା ବଢ଼ାଇଦେଇ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପକୁ ଖୁବ୍ ନ୍ୟୁନ ପରିମାଣକୁ କମାଇ ଦିଆଯାଇ ପାରିବ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ସମ୍ଭବପର ହୋଇ ନ ଥାଏ; ଚାପକୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନ୍ୟୂନତମ ପରିମାଣରୁ ଆଉ କମ୍ କରି ହୁଏ ନାହିଁ । କାରଣ ଚାପ ଯଥେଷ୍ଟ କମିଗଲେ ଭଲ୍‌ଭଗୁଡ଼ିକ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୁଅନ୍ତି ନାହିଁ । ପୁଣି ଭଲ୍‌ଭ ଦେଇ ବାୟୁ ଗଳିଯାଏ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ପିଷ୍ଟନ ଓ ପିପାର ତଳମୁଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ କିଛି ନିଷ୍କାସନ ସ୍ଥାନ (Clearance space) ରହିଥାଏ; ଏହା ପମ୍ପର ଦକ୍ଷତାକୁ ହ୍ରାସ କରିଦିଏ ।

ଉଦାହରଣ

1. ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପର ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ ସଂଯୋଜକ ନଳୀର ଆୟତନ ସହିତ 5 ଲିଟର; ପିପାର ଆୟତନ 600 ଘନ ସେ:ମି: ପୁଣି ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ 75·6 ସେ:ମି:ର ପାରଦ ହେଲେ ଦୁଇଟି ଆଘାତ (Two strokes) ଶେଷରେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ପିପା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ, $V=5000$ ଘନ ସେ:ମି:

ପିପାର ଆୟତନ, $v=600$ ଘନ ସେ:ମି:

n ସଂଖ୍ୟକ ଆଘାତ ପରେ ଚାପର ପରିମାଣ,

$$P_n=P\left(\frac{V}{V+v}\right)^n$$

2ଟି ଆଘାତ ପରେ ଚାପର ପରିମାଣ,

$$P_2 = P\left(\frac{V}{V+v}\right)^2$$

$$= 75{\cdot}6\left(\frac{5000}{5000+600}\right)^2$$

$$= 75{\cdot}6 \times \frac{5000 \times 5000}{5600 \times 5600}$$

$= 60{\cdot}27$ ସେ:ମି:ର ପାରଦ

2. ଗୋଟିଏ ସାଇକେଲ୍ ଚକନଳୀର ଆୟତନ 100 ଘନ ଇଞ୍ଚ । ପୁଣି ପମ୍ପର ପିପାର ଆୟତନ 10 ଘନ ଇଞ୍ଚ । ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ଦୁଇଗୁଣ କରିବାକୁ ହେଲେ ଦରକାର ପଡ଼ୁଥିବା ଆଘାତର ସଂଖ୍ୟା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ; $V = 100$ ଘନ ଇଞ୍ଚ

ପିପାର ଆୟତନ, $v = 10$ ଘନ ଇଞ୍ଚ । n ସଂଖ୍ୟକ ଆଘାତ ପରେ ବାୟୁ ସଙ୍କୋଚନ ପମ୍ପର ସଂଗ୍ରାହକରେ ଉଠୁଥିବା ଚାପ,

$$P_n = P\left(\frac{V+nv}{V}\right)$$

ଏଠାରେ ଦରକାର ହେବା ଚାପ $P_n = 2P$

ସୁତରାଂ $2P = P\left(\frac{V+nv}{V}\right)$

ବା $2 = \left(\frac{100+10n}{100}\right)$

ବା $200 = 100 + 10n$

ବା $10n = 200 - 100 = 100$

$\therefore\ n = \frac{100}{10} = 10$

$\therefore$ 10ଟି ଆଘାତ ପରେ ଚାପ ଦୁଇଗୁଣ ହେବ ।

ସାରାଂଶ

1. ସାଇଫୋନ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଚ୍ଚ ସ୍ଥାନରେ ଥିବା କୌଣସି ପାତ୍ରର ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ ପାତ୍ରଟିକୁ ନ ଘୁଞ୍ଚାଇ ନିମ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଥିବା କୌଣସି ପାତ୍ରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ସକାଶେ ଉଚ୍ଚ ପାତ୍ରର ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବୁଡ଼ିଥିବା ବାହୁର ଉଚ୍ଚତା ଉକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ନିର୍ମିତ ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରର ଉଚ୍ଚତା ଠାରୁ କମ୍ ହେବା ନିତାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ; କାରଣ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟି ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ଦ୍ୱାରା କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

2. ପିଚକାରି—ଜଳ କିମ୍ବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ କୌଣସି ପାତ୍ରରୁ ଉଠାଇ ନେଇ ଯେକୌଣସି ଦିଗକୁ କ୍ଷିପ୍ରରେ ନିକ୍ଷେପ କରାଯାଏ ।

3. ଉଠା ପମ୍ପ—ଜଳ କିମ୍ବା କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ ନିମ୍ନ ସ୍ଥାନରୁ ଉଚ୍ଚ ସ୍ଥାନକୁ ଉଠାଇ ନେବା ସକାଶେ ଏହି ପମ୍ପ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଜଳ ଉଠାଇଲା ବେଳେ ଜଳବାହୀ ନଳୀର ଉଚ୍ଚତା ଜଳ ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରର ଉଚ୍ଚତାଠାରୁ କମ୍ ହେବା ନିତାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ; କାରଣ ଏଠାରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ଜଳକୁ ଜଳବାହୀ ନଳୀଦେଇ ପିପା ମଧ୍ୟକୁ ଠେଲେ ।

4. ଉତ୍କ୍ଷେପୀ ପମ୍ପ—ଏହି ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଠା ପମ୍ପ ଅପେକ୍ଷା ଆହୁରି ଅଧିକ ଉଚ୍ଚକୁ ଜଳ ଉଠାଯାଇ ପାରେ ।

5. ଦମକଳ —ଦମକଳ ସାହାଯ୍ୟରେ ଜଳ ଉଠାଯାଇ ଅଖଣ୍ଡ ସ୍ରୋତରେ ବେଶୀ ଉଚ୍ଚକୁ କ୍ଷେପଣ କରଯାଇ ପାରୁଛି, ଏଣୁ ଏହା ନିଆଁ ଲିଭାଇବା ପାଇଁ ବିଶେଷ ଦରକାର ।

6. ବାୟୁ ସଂପୀଡ଼ନ ପମ୍ପ — ଏହି ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ପାତ୍ରସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ବୃଦ୍ଧି କରଯାଇଥାଏ । ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ V, ପମ୍ପର ପିପାର ଆୟତନ v, ପୁଣି ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ P ହେଲେ n ସଂଖ୍ୟକ ଆଘାତ ପରେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ $P_n = P\left(\frac{V+nv}{V}\right)$ ହେବ ।

7. ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପ—କୌଣସି ପାତ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁକୁ ନିଷ୍କାସନ କରିବା ସକାଶେ ଯେଉଁ ପମ୍ପ ବ୍ୟବହାର କରଯାଇଥାଏ ସେହି ପମ୍ପକୁ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପ କୁହାଯାଏ । ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ V, ସଂଯୋଜକ ନଳୀ ସହ ପିପାର ଆୟତନ v ଓ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ସର୍ବପ୍ରଥମ ଚାପ P ହେଲେ, n ସଂଖ୍ୟକ ଆଘାତ୍ ପରେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ, $P_n = P\left(\frac{V}{V+v}\right)^n$ ହେବ ।

ଏହି ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ସଂଗ୍ରାହକରେ ପୂରମାତ୍ରାରେ ଶୂନ୍ୟ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇ ପାରେ ନାହିଁ, କାରଣ ଚାପ ଯଥେଷ୍ଟ କମିଗଲେ ଭଲ୍‌ଭଗୁଡ଼ିକ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୁଅନ୍ତି ନାହିଁ; ପୁଣି ଭଲ୍‌ଭ ଦେଇ ବାୟୁ ଗଳିଯାଏ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ଗୋଟିଏ ସରଳ ଜଳ ଉଠାପମ୍ପ ଓ ଗୋଟିଏ ଦମକଳ ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

2. ଉଠା ପମ୍ପ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଟିପ୍‌ପଣୀ ଲେଖ ।

3. କୌଣସି ସଂଗ୍ରାହକରୁ ବାୟୁ ବାହାର କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପ ବ୍ୟବହାର କରଗଲା । ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ 1000 ଘନ ସେ:ମି: ଓ ପମ୍ପ ପିପାର ଆୟତନ 100 ଘନ ସେ:ମି: । 3ଟି ଆଘାତ ପରେ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: ପୂର୍ବ ଚାପର $\frac{1000}{1331}$ ଅଂଶ ବା 0·7513 ଅଂଶ).

4. ଗୋଟିଏ ସରଳ ଧରଣର ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପ ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।
n ସଂଖ୍ୟକ ଆଘାତ ପରେ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ସୂତ୍ର ବାହାର କର ।
କୌଣସି ସଂଗ୍ରାହକରୁ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପ ବ୍ୟବହାର କରଗଲା । ଯଦି ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ 4 ଲିଟର ଓ ତାହାର ପିପାର ଆୟତନ 100 ଘନ ସେ:ମି: ହୁଏ, ତେବେ ଦୁଇଟି ଆଘାତ ପରେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁରେ ଉପଛୁଥିବା ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: ପୂର୍ବ ଚାପର ୧୬୦୦/୧୬୮୧ ଅଂଶ ବା 0·952 ଅଂଶ)

5. ଗୋଟିଏ ସରଳ ବାୟୁ ସଂପୀଡ଼ନ ପମ୍ପର ନିର୍ମାଣ ଓ କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।
n ସଂଖ୍ୟକ ଆଘାତ ପରେ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ସୂତ୍ର ବାହାର କର ।
ଗୋଟିଏ ସାଇକେଲ୍ ଚକରେ ବାୟୁ ପୂରଣ କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ପମ୍ପ ବ୍ୟବହାର କରଗଲା । ସାଇକେଲ୍ ଚକର ନଳୀର ଆୟତନ ପମ୍ପର ପିପାର ଆୟତନର 10 ଗୁଣ । 10 ଆଘାତ ପରେ ଚକର ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: ପୂର୍ବ ଚାପର 2 ଗୁଣ ।)

6. ଚିତ୍ର ସହ ଗୋଟିଏ ସାଇଫୋନ୍ ବର୍ଣ୍ଣନ କର । ତାହାର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତାର ସୂତ୍ର (Principle) ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ସକାଶେ କି ନିୟମ ଦରକାର ? ଆଟୋମେଟିକ୍ ଫ୍ଲସ୍ (Automatic Flush) କି ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଛି ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

7. କୌଣସି ସଂଗ୍ରାହକରୁ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପ ବ୍ୟବହାର କରଗଲା । ଯଦି ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ 6000 ଘନ ସେ:ମି: ଓ ପିପାର ଆୟତନ 1000 ଘନ ସେ:ମି: ହୁଏ, ତେବେ 3ଟି ଆଘାତପରେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁରେ ଉପୁଜିଥିବା ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: ପୂର୍ବ ଚାପର 0·63 ଅଂଶ)

8. ଚିତ୍ରସହ (କ) ଗୋଟିଏ ଉଠା ପମ୍ପ (ଖ) ଗୋଟିଏ ଦମକଳ ବର୍ଣ୍ଣନାକରି ତାହାର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

9. ଚିତ୍ରସହ ଗୋଟିଏ ଉତ୍କ୍ଷେପୀ ପମ୍ପ ବର୍ଣ୍ଣନା କରି ତାହାର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବୁଝାଇଦିଅ ।

10. କୌଣସି ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପର ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନ 4 ଲିଟର ଓ ପିପାର ଆୟତନ 0·5 ଲିଟର । ପ୍ରଥମାବସ୍ଥାରେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ 15 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ହୋଇଥିଲେ ଦୁଇଟି ଆଘାତ ପରେ ସଂଗ୍ରାହକସ୍ଥ ବାୟୁର ଚାପ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 11·85 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗ ଇଞ୍ଚ)

11. କୌଣସି ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପରେ 4 ଗୋଟି ଆଘାତ ପରେ ସଂଗ୍ରାହକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ପ୍ରଥମାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହିତ 256:625 ଅନୁପାତରେ ରହିଲା ! ପିପା ଓ ସଂଗ୍ରାହକର ଆୟତନର ଅନୁପାତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 1:4)

12. କୌଣସି ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପର ସଂଗ୍ରାହକରେ ଗୋଟିଏ ପାରଦ ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର ରଖାଯାଇଛି । ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା 76 ସେ:ମି: ରହିଛି । ପମ୍ପର ଦୁଇଗୋଟି ଆଘାତପରେ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା 72 ସେ:ମି:କୁ ଖସି ଆସୁଛି । ଚାରିଗୋଟି ଆଘାତ ପରେ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତା କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଚାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରର ଆୟତନ ନଗଣ୍ୟ) (ଉ: 68·2 ସେ:ମି:)

13. 0·8 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତୈଳକୁ ନିମ୍ନସ୍ଥାନରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଭଣ୍ଡାରରୁ ଉଚ୍ଚରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଭଣ୍ଡାରକୁ ଉଠାଇ ନେବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ଉଠା ପମ୍ପ ବ୍ୟବହାର କରଗଲା । ଏହି ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ନିମ୍ନ ଭଣ୍ଡାରର କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ତୈଳ ଉଠାଯାଇପାରିବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ 76 ସେ:ମି:ର ପାରଦ । ପ୍ରକୃତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ଉଚ୍ଚତା କଅଣ ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରେ ? ଏହାର କାରଣ ଦର୍ଶାଅ । (ଉ: 12·92 ମିଟର)

14. ଗୋଟିଏ ଫୁଟ୍-ବଲ ପମ୍ପର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

ବିଂଶ ଅଧ୍ୟାୟ

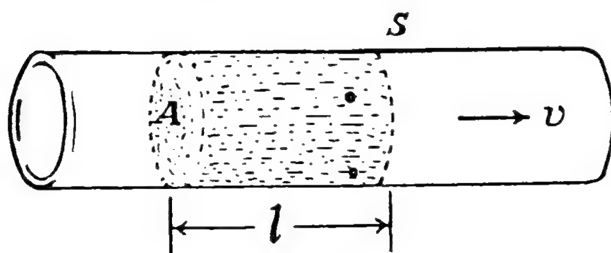
ଗତିଶୀଳ ପ୍ରବାହୀ

Fluid in Motion

ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବହିଯିବା ଗୁଣ ଥିବାରୁ ଉଭୟକୁ ପ୍ରବାହୀ କୁହାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରବାହୀ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଥିଲାବେଳେ ଏହାର ବିଭିନ୍ନ ଗୁଣ ଆମେ ସାନ୍ଦ୍ରତା, ଚାପ ଓ ଆର୍କିମିଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ରର ଧାରଣାରୁ ଆଲୋଚନା କରିଛୁ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରବାହୀ ଗତିଶୀଳ ହେଲେ ଏହାର ଧର୍ମ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ହୋଇଥାଏ ! ଆମର ଦୈନନ୍ଦିନ କାର୍ଯ୍ୟସବୁ ବିଶେଷତଃ ଏହି ଗତିଶୀଳ ପ୍ରବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଘଟିଥାଏ । ତେଣୁ ଏଥିରେ ନିହିତଥିବା ସମସ୍ୟାଗୁଡ଼ିକ ଆମର ବୁଝିବା ଉଚିତ । କାରଣ ମଟରଗାଡ଼ି, ରେଳଗାଡ଼ି, ଉଡ଼ାଜାହାଜ ଆଦି ଗତି କଲାବେଳେ ବିପରୀତ ଦିଗରୁ ପବନ ବହି ଏଗୁଡ଼ିକରେ ଘର୍ଷିହୁଏ । ପବନର ବାଧା କମାଇବାପାଇଁ ଏହି ଯାନଗୁଡ଼ିକର ବାହାର ଗଠନ ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଏ; କିନ୍ତୁ ଗତିଶୀଳ ବାୟୁର ପ୍ରବାହତତ୍ତ୍ୱ ସମ୍ବନ୍ଧରେ କିଛି ନ ଜାଣିଲେ ଯାନଗୁଡ଼ିକର ବାହାର ଗଠନ କିପରି ଠିକଣା କରଯିବ ? ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଜଳ-ଶକ୍ତିର ବିନିଯୋଗ ବା ବାଷ୍ପୀୟ ଇଞ୍ଜିନ୍ ନିର୍ମାଣ ପରି ନାନା ସମସ୍ୟା ଗତିଶୀଳ ପ୍ରବାହୀର ଧର୍ମ ସହିତ ଜଡ଼ିତ ।

20.1 ପ୍ରବାହୀର ପ୍ରବାହ :

ପାଇପ୍‌ରେ ଜଳ, ଗ୍ୟାସ୍, ତେଲ ପ୍ରଭୃତି ପ୍ରେରଣ କରିବା ସକାଶେ, ପୁଣି ଉଦଯନ୍ତ୍ରଗୁଡିକରେ ଶକ୍ତି ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ସକାଶେ ପ୍ରବାହୀର ପ୍ରବାହ ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ଜାଣିବା

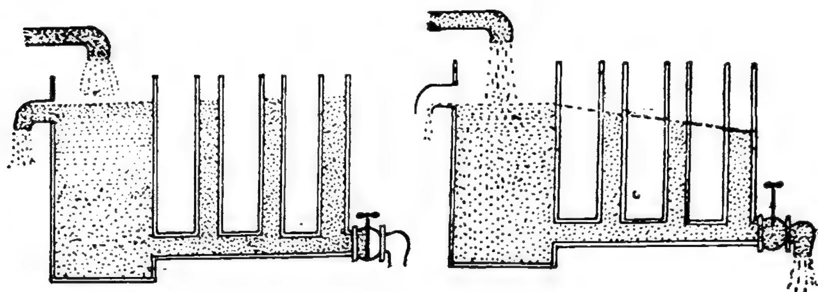


(ଚିତ୍ର 112)

ଦରକାର । କୌଣସି ନଳୀରେ ତରଳ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିଲେ, ପ୍ରବାହର ବେଗ ସାଧାରଣତଃ ଏକକ ସମୟରେ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦଦେଇ ଗତିକରୁଥିବା ଆୟତନରୂପେ ମାପ କରଯାଏ । ଏହା ସେକେଣ୍ଡପ୍ରତି ଘନଫୁଟରେ କିମ୍ବା ଲିଟରରେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଏ । ଯଦି ଚିତ୍ର 112 ରେ S ଛେଦଠାରେ ତରଳର ହାରାହାରି ବେଗ v ହୁଏ, ତେବେ t ସମୟରେ ସ୍ରୋତଟି ଗତିକରିଥିବା ଦୂରତା, $l=v.t$ ହେବ । ଏହାକୁ t ସମୟରେ S ଛେଦଦେଇ ଗତିକରିଥିବା ଏକ ସିଲିଣ୍ଡରର ଦୈର୍ଘ୍ୟରୂପେ କଳ୍ପନା କରଯାଇପାରିବ ।

ଏହି କାଳ୍ପନିକ ସିଲିଣ୍ଡରର ପ୍ରସ୍ଥଛେଦର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ହେଲେ ତା'ର ଆୟତନ $V=A.l=A.v.t$ ହେବ; ପୁଣି ତରଳ ପ୍ରବାହର ହାର,

$$\frac{V}{t}=\frac{A.v.t}{t}=A.v \text{ ହେବ । ...... (1)}$$

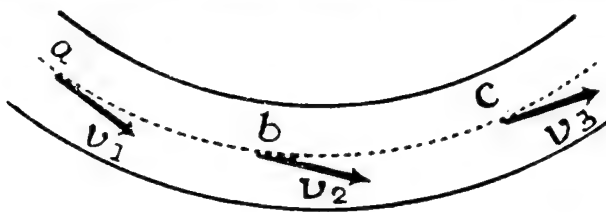


(ଚିତ୍ର 113)

ସ୍ଥିତପ୍ରବାହୀରେ ସମାନ ଉଚ୍ଚତାରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଚାପ ସମାନ ଥାଏ; କିନ୍ତୁ ଗତିଶୀଳ ପ୍ରବାହୀରେ ସେପରି ହୁଏ ନାହିଁ । କୌଣସି ଭୂସମାନ୍ତର ନଳୀରେ ଜଳ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବେଳେ, ଘର୍ଷଣଯୋଗୁଁ ନଳୀରେ ପ୍ରବାହ ଦିଗରେ ଚାପ କମିଯାଏ, ଚିତ୍ର 113ରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ, ଟ୍ୟାପ୍ ବନ୍ଦ ହୋଇଥିବାବେଳେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଭୂଲମ୍ବ ନଳୀରେ ଜଳର ଉଚ୍ଚତା ଏକ ସମତଳରେ ରହିଛି; କିନ୍ତୁ ଟ୍ୟାପ୍‌କୁ ଅଳ୍ପ ଖୋଲିଦେଇ ଜଳକୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଛାଡ଼ିଦେଲେ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ନଳୀରେ ଜଳର ପତନ ତଳକୁ ଗ୍ଲିଯାଉଛି । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ନଳୀରେ ଚାପ କ୍ରମଶଃ କମିଯାଉଛି । ଚାପର ହ୍ରାସ ପ୍ରବାହର ହାର ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ଅଟେ । ସହରଗୁଡ଼ିକରେ ବହୁଦୂରକୁ ଜଳ ଯୋଗାଇବାବେଳେ ଚାପ ବହୁତ କମିଯାଇଥାଏ । ଫଳରେ ଜଳ ପ୍ରବାହର ହାର କମ୍ ହୋଇଯାଏ । ଏଣୁ ମଝିରେ ମଝିରେ ଜଳକୁ ଉଠାଇ ତା'ର ଚାପ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇଥାଏ ।

20.2 ସ୍ରୋତ-ରେଖା ଏବଂ ପ୍ରବାହ ନଳୀ (Streamlines and Tubes of Flow) :

ପ୍ରଥମେ ସ୍ଥିର ପ୍ରବାହ (Steady flow) ବିଷୟ ଆଲୋଚନା କରିବା । ମନେକର ଗୋଟିଏ ନଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା କୌଣସି ପ୍ରବାହୀର (ଚିତ୍ର 114) ପରିବେଗ a ଠାରେ

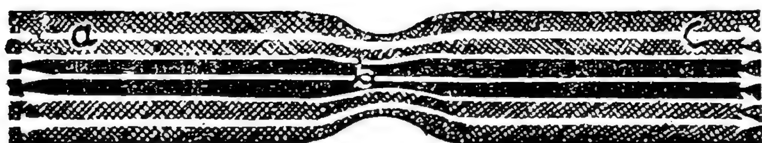


(ଚିତ୍ର 114)

v_1, b ଠାରେ v_2 ପୁଣି c ଠାରେ v_3 । ସମୟାନୁକ୍ରମେ a, b ଓ c ଠାରେ ରହିଥିବା ଯେକୌଣସି ପ୍ରବାହୀ କଣିକାର ପରିବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ ସେହି v_1, v_2 ଓ v_3 ହୋଇଥିଲେ,

ପ୍ରବାହଟିକୁ ସ୍ଥିରପ୍ରବାହ କୁହାଯାଏ; ପୁଣି କଣିକାର ଗତିପଥ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଥିବା abc ରେଖାକୁ ଏକ ସ୍ରୋତ-ରେଖା (Stream line) କୁହାଯାଏ । କଣିକା ପରେ କଣିକା ଏକ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପଥରେ ଗତିକରନ୍ତି । ସ୍ରୋତ-ରେଖାରେ a ଦେଇ ଗତିକରୁଥିବା ସମସ୍ତ କଣିକା b ଓ c ଦେଇ ମଧ୍ୟ ଗତି କରେ । କିନ୍ତୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣୀ ପ୍ରବାହରେ (Turbulent flow) ଏହା ଘଟେ ନାହିଁ । ଘୂର୍ଣ୍ଣୀ ପ୍ରବାହରେ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଗତି କଲାବେଳେ ସ୍ରୋତରେ ଭଉଁରୀଗୁଡ଼ିଏ ସୃଷ୍ଟିହୁଏ ।

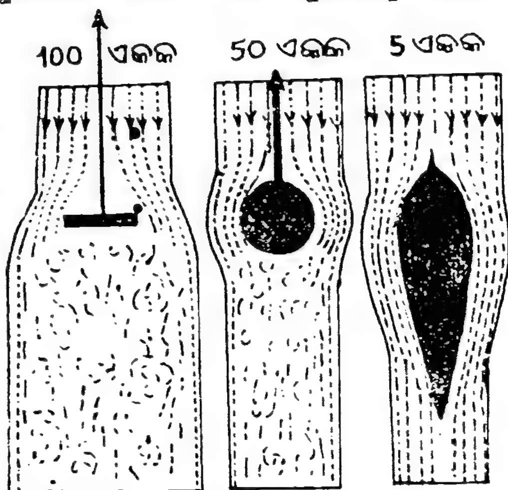
ପ୍ରବାହ ଅଞ୍ଚଳକୁ କେତେକ ନଳୀରେ ଗଠିତ ବୋଲି କଳ୍ପନା କରଯାଇଥାଏ । ପ୍ରବାହ ନଳୀର ପୃଷ୍ଠ ସ୍ରୋତରେଖା ଗୁଡ଼ିକରେ ଗଠିତ ବୋଲି ଧରଯାଏ । ଯେଉଁ ନଳୀଟି



(ଚିତ୍ର 115)

ତା'ର ପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ସ୍ରୋତରେଖା ସଦୃଶ ହୋଇଥାଏ, ତାକୁ ଏକ ପ୍ରବାହ ନଳୀ (Tube of flow) କୁହାଯାଏ । ଯେ କୌଣସି ପ୍ରବାହ ନଳୀର ପ୍ରବାହୀ, ସେହି ନଳୀରେ ରହିଥାଏ; ପୁଣି ସେଥିରେ ଯେକୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ସମସ୍ତ କଣିକାର ପରିବେଗ ସମାନ ବୋଲି କଳ୍ପନା କରଯାଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ସ୍ରୋତରେଖାଗୁଡ଼ିକ ପୁଞ୍ଜୀଭୂତ ହୋଇ ରହିଥାନ୍ତି, ସେଠାରେ ବେଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଚିତ୍ର 115 କାରଣ ପ୍ରବାହର ହାର ସବୁଠାରେ ସମାନ ଥାଏ; ଅର୍ଥାତ୍ $A_a v_a = A_b v_b$ ହୋଇଥାଏ ।

କୌଣସି ପ୍ରବାହୀରେ ଗୋଟିଏ କଠିନ ବସ୍ତୁ ଗତି କଲାବେଳେ, ଜଳକଣିକାର ସ୍ରୋତପ୍ରବାହ ବିନଷ୍ଟ ହୋଇ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ବଢ଼େ । ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣୀଯୋଗୁଁ ବସ୍ତୁପ୍ରତି ପ୍ରବାହୀର ବାଧା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଏହି ବାଧା କମେଇବା ସକାଶେ କୌଣସି ମଟରଗାଡ଼ି କିମ୍ବା ଉଡ଼ାଜାହାଜର ବାହାର ଗଠନ ବଦଳାଯାଏ । ଏହି ପୃଷ୍ଠଦେଇ ପ୍ରବାହୀ କଣିକା ଗତି କଲାବେଳେ ତା'ର ସ୍ରୋତରେଖାର ଆକାର ବଦଳେ ନାହିଁ । ସେହି ପ୍ରକାର ଗଠନକୁ ସୁବାହୀ ଗଠନ କୁହାଯାଏ । ଯାନଟି ସୁବାହୀ (Stream lined) ହେଲେ ତା'ର ପୃଷ୍ଠଦେଇ ବାୟୁ ସ୍ଥିରତା ସହକାରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ଘୂର୍ଣ୍ଣି ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣରେ କମିଯାଏ । ଉଦାହରଣସ୍ୱରୂପ, ଚିତ୍ର 116ରେ



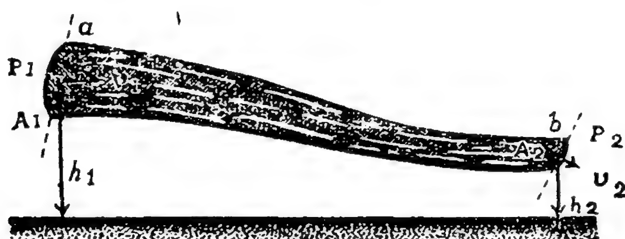
(ଚିତ୍ର 116)

ସମାନ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଚକତି, ଗୋଟିଏ ଗୋଲକ ଓ ଗୋଟିଏ ସ୍ରୋତରେଖା

ଆକାରର ବସ୍ତୁ ସମାନ ବେଗରେ ଗତିକରୁଥିବା କୌଣସି ପ୍ରବାହୀରେ ସ୍ରୋତ ଦିଗରେ ରଖା ଯାଇଛନ୍ତି । ପ୍ରବାହଗୁଡ଼ିକରେ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ସ୍ଥିରରେ ରଖିବା ସକାଶେ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ବଳଗୁଡ଼ିକୁ ଭେକ୍ଟରରେ ଦର୍ଶାଇ ଦିଆଯାଇଛି । ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ ବସ୍ତୁଟିକୁ ସ୍ରୋତରୈଖିକ (ସୁବାହୀ) କରିବାଦ୍ୱାରା ଘୂର୍ଣ୍ଣ କମିଯାଇ, ବଳର ପରିମାଣ ମଧ୍ୟ ଯଥେଷ୍ଟ କମିଯାଇଛି । ଅତଏବ ବାୟୁର ବାଧା ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣରେ ହ୍ରାସ କରାଇ ଯେ-କୌଣସି ଯାନକୁ ସୁବାହୀ କରିବାକୁ ହେଲେ ତାକୁ ସ୍ରୋତରେଖା ଆକାରର କରି ଗଠନ କରିବାକୁ ହେବ ।

20.3 ଉପସଂକୋଚ ବା ଗ୍ରୀବା (Constriction) ଦେଇ ପ୍ରବାହ :

ଅସମାନ ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ଥିବା ଗୋଟିଏ ନଳୀରେ ρ ସାନ୍ଦ୍ରତାର କୌଣସି ଅସଙ୍ପୀଡ୍ୟ (Incompressible) ତରଳ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିଲେ (ଚିତ୍ର 117) a ଓ b ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ତରଳ ଜମାହୋଇ ରହିବ ନାହିଁ । ଅତଏବ କୌଣସି ସମୟ t ରେ A_1



(ଚିତ୍ର 117)

ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ଦେଇ v_1 ବେଗରେ ଗତିକରୁଥିବା ତରଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସେତିକି ସମୟରେ A_2 ପ୍ରସ୍ଥ-ଛେଦଦେଇ v_2 ବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ସମାନ ହେବ; ଅର୍ଥାତ୍ $A_1 v_1 \rho t = A_2 v_2 \rho t$ ହେବ .... (2)

ଏହି ସମୀକରଣରୁ ଦୁଇଟି ବିଷୟ ବୁଝିବାକୁ ହୁଏ । ପ୍ରଥମତଃ, $A_1 v_1 = A_2 v_2$ରୁ ଜଣା-ଯାଏ ଯେ, କୌଣସି ନଳୀର ଉପସଂକୋଚ ବା ଗ୍ରୀବାଥିବା ପ୍ରସ୍ଥଛେଦରେ ପ୍ରବାହର ବେଗ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ, କାରଣ ସେଠାରେ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟତଃ, a ଠାରେ ବେଗ b ସ୍ଥାନର ବେଗଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥିଲେ, a ଓ b ମଧ୍ୟରେ ତରଳର ବେଗ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୁଏ; ପୁଣି ଏହି ତ୍ୱରଣ ସକାଶେ ଏକ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । a ଠାରେ ଥିବା ଚାପ b ଠାରେ ଥିବା ଚାପଠାରୁ ଅଧିକ ହେବା ସତ୍ତ୍ୱେ, ତରଳ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ତ୍ୱରଣ-କାରୀ ବଳ ନିଶ୍ଚୟ ରହିବ; ନ ହେଲେ ଏଠାରେ ବେଗ ଅଧିକ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ । ସୁତରାଂ ଏଥିରୁ ଆମକୁ ବୁଝିବାକୁ ହେବ ଯେ. ସ୍ଥିରତାରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା କୌଣସି ତରଳର ବେଗ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଥିବା ସ୍ଥାନରେ ଚାପ ସର୍ବ ନିମ୍ନ ଥାଏ ।

20.4 ବର୍ନୋଉଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ (Bernoulli's Theorem) :

a ଓ b ଦୁଇଟି ସମତଳ (ଚିତ୍ର 117) ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହ କରୁଥିବା କୌଣସି ଅସଙ୍ପୀଡ୍ୟ ତରଳ ପ୍ରତି ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣର ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ସ୍ଥିର ପ୍ରବାହକୁ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରୂପରେଖ ଦିଆଯାଇପାରିବ । କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ t ରେ ଯଥାକ୍ରମେ a ଓ b ଦେଇ ସମାନ ପରିମାଣର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ନଳୀର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତରେ ଚାପ

ଭିନ୍ନ ଥିବାରୁ ତରଳ ପ୍ରତି $P_1V—P_2V$ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ କରଯାଉଛି । [କାରଣ କାର୍ଯ୍ୟ $W=F.S=(PA)(vt)=PV$] । ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ଉଭୟ ସ୍ଥିତିଜ ଓ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ସମାନ ।

$$P_1V-P_2V=(mgh_2-mgh_1)+(\tfrac{1}{2}mv_2^2-\tfrac{1}{2}mv_1^2) \ldots\ldots(3)$$

କିନ୍ତୁ $V=\frac{m}{\rho}$ ହୋଇଥିବାରୁ

$$P_1\frac{m}{\rho}-P_2\frac{m}{\rho}=(mgh_2-mgh_1)+(\tfrac{1}{2}mv_2^2-\tfrac{1}{2}mv_1^2)$$

ଅଥବା $P_1\frac{m}{\rho}+mgh_1+\frac{1}{2}mv_1^2=P_2\frac{m}{\rho}+mgh_2+\frac{1}{2}mv_2^2$

ଏହି ସମୀକରଣକୁ ସରଳ କରିବାପାଇଁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପଦକୁ mg ଦ୍ୱାରା ଭାଗକଲେ—

$$\frac{P_1}{\rho g}+h_1+\frac{v_1^2}{2g}=\frac{P_2}{\rho g}+h_2+\frac{v_2^2}{2g} \ldots\ldots (4)$$

ଏହି ସମୀକରଣକୁ ବର୍ନୋଉଲିଙ୍କ ସମୀକରଣ କୁହାଯାଏ । ଏଥିରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପଦରେ ଏକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିମିତ ଅଛି । ଚାପ-ଗଭୀରତା ସମ୍ପର୍କରେ ଗଭୀରତା h କୁ ଉଚ୍ଚତା କୁହାଯାଏ । ସୁତରାଂ ସାଦୃଶ୍ୟ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ସମୀକରଣ (4) ପ୍ରତ୍ୟେକ ପଦକୁ ଏକ ଉଚ୍ଚତା କୁହାଯାଏ; ଯଥା $\frac{P}{\rho g}$କୁ ଚାପ-ଉଚ୍ଚତା; $\frac{v^2}{2g}$କୁ ପରିବେଗ ଉଚ୍ଚତା ପୁଣି h କୁ ଏକ ସାଧାରଣ ପତନରୁ ଉଚ୍ଚତା କୁହାଯାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ρg ଗୁଣନ କଲେ :

$$P_1+h_1\rho g+\frac{v_1^2\rho}{2}=P_2+h_2\rho g+\frac{v_2^2\rho}{2} \ldots\ldots\ldots (4a)$$

ଏହି ସମୀକରଣ ଅନୁଯାୟୀ ବର୍ନୋଉଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟକୁ ନିମ୍ନଲିଖିତଭାବେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇପାରିବ ।

ସ୍ଥିରତାରେ ପ୍ରବାହ କରୁଥିବା କୌଣସି ଆଦର୍ଶପ୍ରବାହୀର ସ୍ରୋତ-ରେଖାର ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁଠାରେ, ଚାପ, ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ପୁଣି ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ସମଷ୍ଟି ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ।

ଏହି ଉପପାଦ୍ୟ କେବଳ ଅସଂପୀଡ଼ୀୟ ଶ୍ୟାନତାବିହୀନ ତରଳଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତି ସଠିକରେ ପ୍ରୟୋଗ କରଯାଇପାରିବ । ତଥାପି ଅନେକ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ କାର୍ଯ୍ୟରେ ସାଧାରଣ ତରଳପ୍ରତି ମଧ୍ୟ ଏହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ :

ଗୋଟିଏ ଆନତ ନଳୀ (ଚିତ୍ର 117)ରେ ମିନିଟ୍ ପ୍ରତି 300 ଘନଫୁଟ ହାରରେ ଜଳ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । *a* ଠାରେ ନଳୀର ବ୍ୟାସ 12 ଇଞ୍ଚ ପୁଣି ଚାପ 15 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ । *b* ଠାରେ ନଳୀର ବ୍ୟାସ 6 ଇଞ୍ଚ ପୁଣି ନଳୀର ମଧ୍ୟଭାଗ *a* ଠାରୁ 2 ଫୁଟ ନିମ୍ନରେ ଅବସ୍ଥିତ । *b* ଠାରେ ଚାପ କେତେ ?

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \frac{300 \text{ ଘନଫୁଟ}}{60 \text{ ସେକେଣ୍ଡ}} = 5 \text{ ଘନଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ} \text{ ।}$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\pi \ (6{\cdot}0 \text{ ଇଞ୍ଚ})^2}{\pi \ (3{\cdot}0 \text{ ଇଞ୍ଚ})^2} = 4.$$

$$\therefore v_1 = \frac{A_1 v_1}{A_1} = \frac{5 \text{ ଘନ ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ}}{\pi \ (1/2 \text{ ଫୁଟ})^2} = 6{\cdot}4 \text{ ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ} \text{ ।}$$

$\therefore \ v_2 = 4v_1 = 4 \times 6{\cdot}4 = 26{\cdot}0$ ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ

$P_1 = (15$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ $)$ $(144$ ବର୍ଗଇଞ୍ଚ/ବର୍ଗଫୁଟ $) = 2200$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଫୁଟ ।

ଜଳ ସକାଶେ $D = 62{\cdot}4$ ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ ।

ଅତଏବ $\rho = 1{\cdot}95$ ସ୍ଲଗ୍/ଘନଫୁଟ ।

ସମୀକରଣ (4a)ରୁ $P_1 + h_1\rho g + \frac{v_1^2 \rho}{2} = P_2 + h_2\rho g + \frac{v_2^2 \rho}{2}$

ଅଥବା $P_2 = P_1 + h_1\rho g - h_2\rho g + \frac{v_1^2\rho}{2} - \frac{v_2^2\rho}{2}$

ଅର୍ଥାତ୍ $P_2 = P_1 + \rho g \ (h_1 - h_2) + \frac{\rho}{2} (v_1^2 - v_2^2)$

$= 2200$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଫୁଟ $+ (62{\cdot}4$ ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ $)$

$(2{\cdot}0$ ଫୁଟ $) + \frac{1{\cdot}95 \text{ ସ୍ଲଗ୍/ଘନଫୁଟ}}{2} \times [(6{\cdot}4 - 26)^2$ ଫୁଟ^2/ସେକେଣ୍ଡ$^2]$

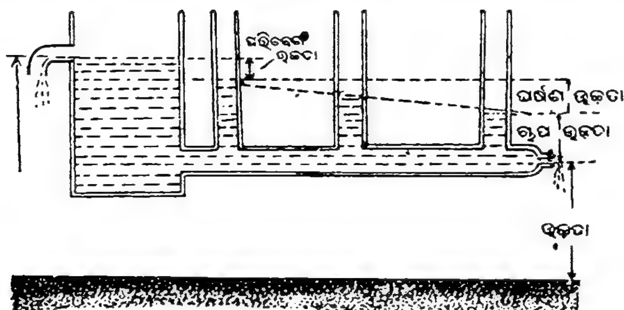
$= 2200$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଫୁଟ $+ 120$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଫୁଟ

$- 620$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ ବର୍ଗଫୁଟ ।

$= 1700$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଫୁଟ $= 12$ ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ।

20.5 ପ୍ରବାହ ଉପରେ ଘର୍ଷଣର ପ୍ରଭାବ :

କୌଣସି ସ୍ରୋତରେ ଘର୍ଷଣ ଥିଲେ ସ୍ରୋତର ଶକ୍ତିର କିୟଦଂଶ ତାପରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ; ପୁଣି ପ୍ରବାହ ଦିଗରେ ଚାପ କ୍ରମେ କ୍ରମେ କମିଯାଏ (ଚିତ୍ର 118) ।



(ଚିତ୍ର 118)

ଘର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ଚାପର ହ୍ରାସନକୁ ସମୀକରଣ (4)ର ଅନ୍ୟ ପଦଗୁଡ଼ିକର ସାଦୃଶ୍ୟରେ

ଘର୍ଷଣ ଉଚ୍ଚତା କୁହାଯାଏ । ଘର୍ଷଣ ଥିଲେ ନିର୍ଗମ ନଳୀଠାରେ ପରିବେଗ ଉଚ୍ଚତା ଓ ନିର୍ଗମନ ହାର କମିଯାଏ ।

20.6 ଶ୍ୟାନତା ବା ବହ୍ଳତା (Viscosity) :

ପ୍ରବାହୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଘର୍ଷଣ ତାହାର ପ୍ରବାହକୁ ବାଧାଦିଏ । ପ୍ରବାହୀର ଏହି ଗୁଣକୁ ଶ୍ୟାନତା କୁହାଯାଏ । ମନେକର ଏକ ଆୟତାକାର ପାତ୍ରରେ କିଛି ତରଳ ଅଛି (ଚିତ୍ର. 119) । ଜଳପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା 'A' ହେଉଛି ଏକ କଠିନ ଫଳକ । ମନେକର ତା' ଉପରେ 'F' ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ତାକୁ 'B' ପୃଷ୍ଠ ଅପେକ୍ଷା 'V' ବେଗରେ ଗତି କରା-ଯାଉଛି ।

ଏଠାରେ A ଓ B ପ୍ରତ୍ୟେକ କଠିନପୃଷ୍ଠରେ ଏକସ୍ତର ତରଳ ଲଗି ରହିଥିବ; ପୁଣି କଠିନ ପୃଷ୍ଠ ତୁଳନାରେ ତା'ର ବେଗ ଶୂନ୍ୟ ହେବ । Bକୁ ଲଗି ରହିଥିବା ସ୍ତରର ପରବର୍ତ୍ତୀ ତରଳ ସ୍ତର, ଅର୍ଥାତ୍ ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ତର ପ୍ରଥମ ସ୍ତର ଉପରେ ଧୀରେ ଧୀରେ ଗତି କରିବ; ତୃତୀୟ ସ୍ତର ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ତର ଉପରେ ଧୀରେ ଧୀରେ ଗତି କରିବ; ଓ ଏହିରୂପେ ସ୍ତର ପରେ ସ୍ତର ଗତି କରିବ । ଏହି ବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନଯୋଗୁଁ ତରଳର କ୍ରମାଗତ ବିକୃତି ଘଟିବ । ତରଳର କୌଣସି ଅଂଶ କୌଣସିକ୍ଷଣରେ C ଠାରେ ସମଘନାକାର ହୋଇଥିଲେ ପରକ୍ଷଣରେ R ଠାରେ ତାହା ଘନ ରମ୍ବସ ଆକାର (Rhomboidal) ହୋଇଯିବ ।

A ଓ B ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ S ଅଧିକ ହେଲେ, ସେହି ବଳ F ପ୍ରୟୋଗ କରିବାଦ୍ୱାରା ତରଳ ସ୍ତରର ବେଗ ମଧ୍ୟ ବଢ଼ିଯିବ; ଅର୍ଥାତ୍ $v \propto S$ ହେବ । କିନ୍ତୁ ଫଳକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ବଢ଼ାଇଦେଲେ ବେଗ କମିଯିବ; ଅର୍ଥାତ୍ $v \propto \frac{1}{A}$ ହେବ । ପୁଣି ବଳ ବଢ଼ାଇଦେଲେ ବେଗ ମଧ୍ୟ ବଢ଼ିଯିବ, ଅର୍ଥାତ୍ $v \propto F$ ହେବ । ଅତଏବ ବେଗ (v), F, S ଓ $\frac{1}{A}$ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ହେବ । ତାହାହେଲେ ସମ୍ବନ୍ଧକୁ ଏହିରୂପେ ଲେଖାଯାଇ ପାରିବ : $v \propto \frac{F.S}{A}$.

ଅଥବା $v = \frac{F \cdot S}{\eta \cdot A}$

ବା $\eta = \frac{F \cdot S}{A \cdot v}$.........(5)

ଏହି ସମୀକରଣ ତରଳର ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କ ηର ସଂଜ୍ଞା ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରୁଛି । ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କର ପରମ ସି.ଜି.ଏସ. (C.G.S.) ଏକକ ହେଉଛି ପଇସ୍ (Poise) । ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରୀକ୍ଷା କରିଥିବା ଜଣେ ପୁରୋଧା ପଇସେଉଲି (Poiseuille)ଙ୍କ ନାମାନୁକରଣରେ ଏପରି ନାମ ଦିଆଯାଇଛି । ଏହି ଗୁଣାଙ୍କ η କେବଳ ତରଳ ଓ ତାର ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ ।

ସମୀକରଣ (5)ରୁ

$$\eta = \frac{F \cdot S}{A \cdot v}$$

$$\therefore 1 \text{ ପଇସ୍} = \frac{1 \text{ ଡାଇନ} \times 1 \text{ ସେ:ମି:}}{1 \text{ ବର୍ଗ ସେ:ମି:} \times 1 \text{ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ}}$$

$$= 1 \text{ ଡାଇନ} \times \text{ସେକେଣ୍ଡ}/1 \text{ ବର୍ଗ ସେ:ମି:}$$

1 ସେ:ମି: ସ୍ଥୂଳତାର ପ୍ରବାହୀଦ୍ୱାରା ପୃଥକ୍ ହୋଇଥିବା ଦୁଇଟି ସମତଳ ମଧ୍ୟରେ 1 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ ରକ୍ଷାକରିବା ସକାଶେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି 1 ଡାଇନ୍ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହେଲେ, ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କକୁ ଏକ ପଇସ୍ କୁହାଯାଏ । ଏହା ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କର ସଂଜ୍ଞା ।

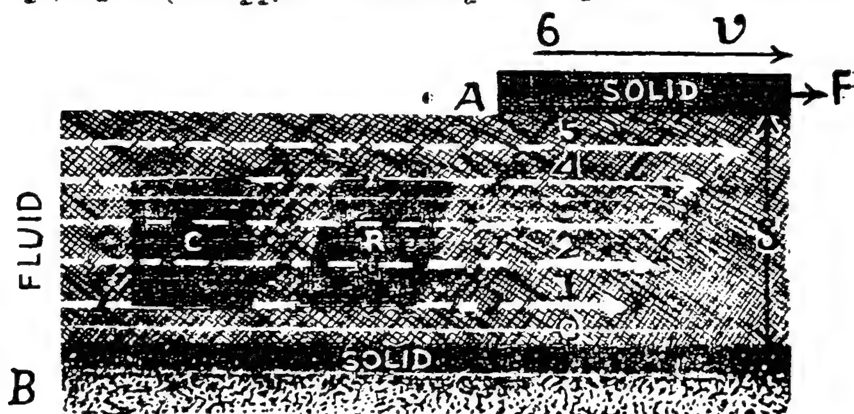
ସାଧାରଣରେ ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କର ଏକକରୂପେ ପଇସ୍ ପରିବର୍ତ୍ତେ ସେଣ୍ଟିପଇସ୍ (Centipoise$=\frac{1}{100}$ Poise) ବ୍ୟବହାର କରଯାଇଥାଏ ।

ସମୀକରଣ (5)ରେ $F \propto v$ ସମ୍ବନ୍ଧ ସ୍ତରୀକୃତ ପ୍ରବାହୀର ଲକ୍ଷଣ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରୁଛି । ଅତଏବ କେବଳ ସ୍ତରୀକୃତ ପ୍ରବାହ ପ୍ରତି ସମୀକରଣ (5) ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ; ଘୂର୍ଣ୍ଣି ପ୍ରବାହ ପ୍ରତି ନୁହେଁ ।

ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିହେଲେ ତରଳଗୁଡ଼ିକର ଶ୍ୟାନତା ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ନିମ୍ନତାପମାତ୍ରାରେ ଧୀରେଧୀରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ତରଳ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରାରେ ଖୁବ୍ ଜୋର୍‌ରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ ଗ୍ୟାସ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରକୃତି ଭିନ୍ନ । ସେଗୁଡ଼ିକର ଶ୍ୟାନତା ତାପମାତ୍ରାରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

20.7 ଶ୍ୟାନତାର ପ୍ରକୃତି :

ତରଳର ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ସଂସକ୍ତିବଳ ଥିବାରୁ ସେଥିରେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଘର୍ଷଣ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ବେଶୀ ବେଶୀ ଦୂରରେ ଥିବାରୁ ସଂସକ୍ତିବଳ ଅଳ୍ପମାତ୍ରାରେ



(ଚିତ୍ର 119)

ଥାଏ । ତେବେ ସେଥିରେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଘର୍ଷଣ କିପରି ହୁଏ ? ଏଠାରେ ଭାବିବାକୁ ହେବ ଯେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସ୍ତରୀକୃତ ପ୍ରବାହବେଳେ ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ଗୋଟିଏ ସ୍ତରରୁ ଅନ୍ୟଏକ ସ୍ତରକୁ

ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନଭବେ ଗତି କରିଥାନ୍ତି । ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ରୁତଗତିଶୀଳ ସ୍ତରରୁ ଧୀର-ଗତିଶୀଳ ସ୍ତରକୁ ଗତି କରିଥାନ୍ତି (ଚିତ୍ର 119ର 5ରୁ4) । ପୁଣି ଧୀର-ଗତିଶୀଳ ସ୍ତରରୁ ଦ୍ରୁତଗତିଶୀଳ ସ୍ତରକୁ ମଧ୍ୟ ଗତି କରିଥାନ୍ତି । ଏହିରୂପେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ତର ଅନ୍ୟ ସ୍ତର ପ୍ରତି ଏକ ରୋଧ ପ୍ରୟୋଗ କରେ । ଏହି ରୋଧର ପରିମାଣ ଅଣୁଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ସେଗୁଡ଼ିକର ବେଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ; ଅର୍ଥାତ୍ ସେଗୁଡ଼ିକର ସଂବେଗ mv ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ଏଥିରୁ ବୁଝାଯାଉଛିଯେ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିହେଲେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆଣବିକ ବେଗ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ; ଏବଂ ଏହାଫଳରେ ଶ୍ୟାନତା ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ।

20.8 ଚାପ ଓ ବେଗ :

ଉପସଙ୍କୋଚ ବା ଗ୍ରୀବାଥିବା ଗୋଟିଏ ନଳୀରେ ଜଳ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିଲେ ଉପସଙ୍କୋଚରେ ପ୍ରବେଶ କରିବା ମାତ୍ରେ ତା'ର ବେଗ ବୃଦ୍ଧି ହେବ (ଚିତ୍ର 120); ପୁଣି a ଓ b ମଧ୍ୟରେ ଚାପ କମିଯିବ । ଚିତ୍ରର ନଳୀଟିକୁ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ନଳୀରୂପେ ଧରଯାଉ । ଏଠାରେ ବରନୋଉଲିଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ :

$$\frac{P_1}{\rho}+\frac{v_1^2}{2}=\frac{P_2}{\rho}+\frac{v_2^2}{2} \text{ ହେବ.........(6)}$$

ଅଥବା $$\frac{P_1}{\rho}-\frac{P_2}{\rho}=\frac{v_2^2}{2}-\frac{v_1^2}{2}$$

ବା $$P_1-P_2=\frac{\rho}{2}(v_2^2-v_1^2) \text{ ହେବ.........(6a)}$$

ସମୀକରଣ (2)ରୁ $A_1v_1=A_2v_2$ ବା $A_1^2v_1^2=A_2^2v_2^2$

ବା $$v_2^2=\frac{A_1^2v_1^2}{A_2^2}$$

ଅତଏବ, ସମୀକରଣ (6a) ସହିତ ସମୀକରଣ (2) ସଂଯୋଗ କଲେ

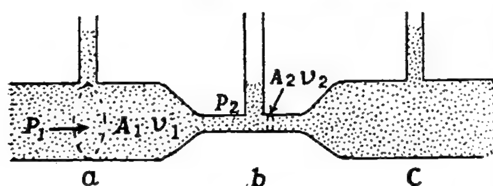
$$P_1-P_2=\frac{\rho}{2}(v_2^2-v_1^2)$$

$$=\frac{\rho}{2}\left(\frac{A_1^2v_1^2}{A_2^2}-v_1^2\right)$$

$$=\frac{\rho v_1^2}{2}\left(\frac{A_1^2}{A_2^2}-1\right) \text{.........(7)}$$

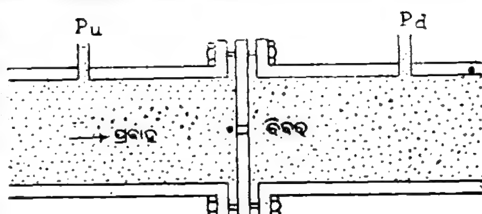
ଏହି ସମୀକରଣ ବ୍ୟବହାର କରି ତରଳ ପ୍ରବାହର ହାର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ; ଅର୍ଥାତ୍ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ a ଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ତରଳର ଆୟତନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ ।

ଚିତ୍ର 120ର ନଳୀ ସାଦୃଶ ବୃହତ୍ତର ବ୍ୟାସର ଅନୁପ୍ରବେଶ ଓ ନିର୍ଗମ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଉପସଂକୋଚ ବା ଗ୍ରୀବାଥିବା ଏକ ନଳୀକୁ ଭେଞ୍ଚୁରୀ ନଳୀ (Venturi tube) କୁହାଯାଏ । ଏହିପରି ଏକ ନଳୀରେ ସମୀକରଣ (7)ର ସମ୍ବନ୍ଧ ଅନୁଯାୟୀ ଅଂଶାଙ୍କିତ ହୋଇଥିବା ଗୋଟିଏ ମିଟର ସଂଯୋଗ କରଯାଇଥାଏ । ତାକୁ ଭେଞ୍ଚୁରୀ ପ୍ରବାହ ମିଟର କୁହାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର 120)

ବିବର ପ୍ରକାରର ପ୍ରବାହମାନ ନିର୍ମାଣରେ ମଧ୍ୟ ବର୍ନୋଉଲିଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରଯାଇଥାଏ । ଯେଉଁ ସ୍ରୋତର ପ୍ରବାହ ହାର ମାପକରିବାକୁ ହେବ, ସେହି ସ୍ରୋତରେ ଏକ ସଠିକ୍ ଛିଦ୍ର ଥିବା ଗୋଟିଏ ଚିକ୍କଣ ଚକତି ରଖାଯାଏ (ଚିତ୍ର 121) । ବିବରର ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱସ୍ରୋତ ଓ ନିମ୍ନସ୍ରୋତ ପାର୍ଶ୍ୱଦ୍ୱୟର ଚାପ ମନୋମିଟରର ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ କରଯାଏ । ଏହି ମାପରୁ ପୁଣି ପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ ଶ୍ୟାନତାରୁ ତା'ର ପ୍ରବାହର ହାର କଳନା କରଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର 121)

20.9 ବାୟୁପର୍ଣ୍ଣ (Air Foils) :

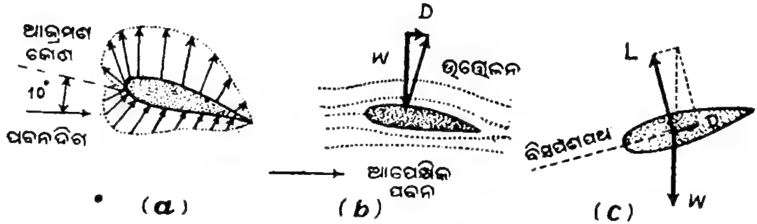
ଗୋଟିଏ ଭେଞ୍ଚୁରୀ ନଳୀର କାନ୍ଥଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ବଢ଼ାଇ ଦେଲେ, ଚିତ୍ର 122ର ସାଦୃଶ ହେବ । ସେଥିରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ, ବକ୍ରପୃଷ୍ଠ ନିକଟରେ ଥିବା ସ୍ରୋତ ରେଖାଟି ବକ୍ରପୃଷ୍ଠର ଆକାର ଧରି ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଗତି କରୁଛି; ପୃଷ୍ଠ ଠାରୁ ଦୂରରେ ଥିବା ସ୍ରୋତ ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଅଳ୍ପ ବକ୍ର ହୋଇ ଗତିକରୁଛି; ପୁଣି ଆହୁରି ଅଧିକ ଦୂରରେ (ଜ୍ୟା'ର 4 ଗୁଣ ଦୂରରେ) ସେଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାୟ ସରଳରେଖାରେ ଗତି କରୁଛନ୍ତି ।



(ଚିତ୍ର 122)

ମନେକର ଏହି ନଳୀରେ ବାୟୁ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ଯଦି ଚିତ୍ରର ଡାହାଣ ଭାଗରେ ଥିବା ଉପର ବକ୍ରପୃଷ୍ଠ ଠାରେ ବାୟୁର ବେଗ ବଢ଼ିବ, ତେବେ ସେହି ପୃଷ୍ଠଠାରେ ବାୟୁର ଚାପ ହ୍ରାସ ପାଇଯିବ । କିନ୍ତୁ ସେହି ଛେଦର ଉପରର ଚାପଠାରୁ ତଳର ଚାପ ଅଧିକ ହେବ । ଫଳରେ ଛେଦଟି ଏକ ଉତ୍ତୋଳନ ଅନୁଭବ କରିବ, ଅର୍ଥାତ୍ ତା' ପ୍ରତି ବାୟୁ ଏକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଶୀଳ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବ । ବାୟୁର ପ୍ରତିକ୍ରିୟାବଳ ପାଇବା ସକାଶେ ବାୟୁରେ ଗତି କରୁଥିବା ଏହି ଆକାରରେ ଗଠିତ ଯେକୌଣସି ପୃଷ୍ଠକୁ ବାୟୁପର୍ଣ୍ଣ କୁହାଯାଏ । ଉଡ଼ାଜାହାଜର ଡେଣା, ଏଲ୍ଲିରନ୍, ଗଡ଼ର, ପ୍ରପେଲର (Propeller) ପ୍ରଭୃତି ବାୟୁପର୍ଣ୍ଣର ଉଦାହରଣ ।

କୌଣସି ବାୟୁପର୍ଣ୍ଣ ବାୟୁଦିଗ ପ୍ରତି ଅଳ୍ପ କେତେ ଡିଗ୍ରୀରେ ଉପର ଆଡ଼କୁ ଆନତ ଥିଲେ; (ଚିତ୍ର 123) ତା'ର ତଳପୃଷ୍ଠରୁ ବାୟୁ ବିକ୍ଷେପିତ ହୁଏ । ଫଳରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାବଳ ବାୟୁପର୍ଣ୍ଣର ସେହି ପୃଷ୍ଠରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପଠାରୁ ଅଧିକ ପରିମାଣରେ

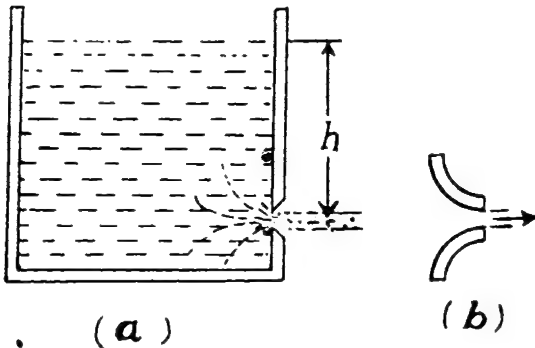


(ଚିତ୍ର 123)

ଚାପ ସୃଷ୍ଟି କରେ; କିନ୍ତୁ ଉପର ପୃଷ୍ଠଠାରେ ଚାପ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପଠାରୁ ଊଣା ଥାଏ । ଅତଏବ, ଏହି ଚାପ ପ୍ରଭେଦଯୋଗୁଁ ବାୟୁପର୍ଣ୍ଣ ଉପରେ ଏକ ଉଠାବଳ L ନିହିତ ହୁଏ । ପୁଣି ବାୟୁପର୍ଣ୍ଣଟି ସମପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ, ପର୍ଣ୍ଣର ଓଜନ W, ବାୟୁର ଘର୍ଷଣଜନିତ ବାଧା D, ପ୍ରପେଲରର ଠେଲ ପୁଣି ଉତ୍ତୋଳନ ବଳ ମିଶି ପରିଣାମୀ ବଳକୁ ନିଶୂନ୍ କରନ୍ତି । ସେଥିପାଇଁ ବାୟୁପର୍ଣ୍ଣଟି ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ପରିବେଗରେ ଗତିକରେ ।

20·10 ବିବରରୁ ନିର୍ଗମନ :

କୌଣସି ପାତ୍ରସ୍ଥ ତରଳ ପାତ୍ର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ-କ୍ଷୁଦ୍ର ତୀକ୍ଷ୍ଣ-ଧାରର ବିବରଦେଇ ପଦାକୁ ବାହାରୁଥିବା ବେଳେ (ଚିତ୍ର 124) ତାହା ପାତ୍ରରେ ଥିବା ତରଳର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତିକୁ ବିନିଯୋଗକରି ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଲାଭ କରେ । v ବେଗରେ ବିବରରୁ



(ଚିତ୍ର 124)

ବାହାରୁଥିବା m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ତରଳର ଗତିଜ ଶକ୍ତି $\frac{1}{2}mv^2$; ପୁଣି ସେହି ତରଳ, ପାତ୍ରସ୍ଥ ତରଳର ଉପର ପୃଷ୍ଠରେ ରହିଥିବା ବେଳେ ତା'ର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଥିଲା, mgh । ଏ ଦୁଇ ଶକ୍ତିକୁ ସମାନ କଲେ ,

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \text{ ବା } v^2 = 2gh \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

ଏହି ସମ୍ବନ୍ଧକୁ ଟରିସେଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।
ତରଳ ପୃଷ୍ଠଠାରୁ h ଗଭୀରତାରେ ଚାପ P ହେଉଛି hρg ।

ଅତଏବ, ସମୀକରଣ (8) କୁ $v^2 = \frac{2P}{\rho}$ .... (9) ରୂପେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇପାରିବ ।

ଏହି ସୂତ୍ର, P ଚାପରେ ବାହାରିଯାଉଥିବା କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ପ୍ରତି ମଧ୍ୟ ଲଗୁ ହେବ ।

ତରଳ ପ୍ରବାହବେଳେ ପାତ୍ରର ସମସ୍ତ ଅଂଶରୁ ସ୍ରୋତରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଆସି ବିବରଠାରେ ରୁଣ୍ଡ ହୁଅନ୍ତି । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ତରଳତାହାର ଜଡ଼ତାଯୋଗୁଁ ବକ୍ରସ୍ରୋତରେଖା ଗୁଡ଼ିକରେ ଗତିକରେ । ଫଳରେ ବିବର ବାହାରେ ସ୍ରୋତର ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣରେ ସଙ୍କୁଚିତ ହୋଇଯାଏ । ସ୍ରୋତରେଖାଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ଖାପ ଖାଇଲା ଭଳି ବକ୍ର କାନ୍ଥ ବିଶିଷ୍ଟ ବିବର ବ୍ୟବହାର କଲେ ସଙ୍କୋଚନ ଦୂର ହୋଇଯିବ (ଚିତ୍ର 124) । ତରଳର ଘର୍ଷଣଜନିତ ବାଧାଯୋଗୁଁ ମଧ୍ୟ ସମୀକରଣ (8) ଓ (9) ରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ବିସର୍ଜନର ହାର ପ୍ରାୟ ଶତକଡ଼ 60କୁ କମିଯାଇଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ :

ଜଳଥିବା କୌଣସି କୁଣ୍ଡର ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଜଳପୃଷ୍ଠଠାରୁ ୨·0 ଫୁଟ ଗଭୀରତାରେ 1·0 ବର୍ଗ ଇଞ୍ଚର ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର ବିବର ଅଛି । (କ) ଶକ୍ତିର ଅପଚୟ ଘଟେ ନାହିଁ ବୋଲି କଳ୍ପନାକରି ନିର୍ଗମନର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଖ) ସ୍ରୋତର ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ବିବରର କ୍ଷେତ୍ରଫଳର 0·64 ଅଂଶକୁ କମିଯାଉଥିଲେ, ପ୍ରବାହର ହାର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସମୀକରଣ (8)ରୁ

$V = \sqrt{2gh}$

$= \sqrt{2 \times 32 \text{ ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ}^2 \times 9 \text{ ଫୁଟ}}$

$= 3 \times 8 = 24$ ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ।

ପ୍ରବାହର ହାର = (ପ୍ରସ୍ଥଛେଦର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ) (ବେଗ)

$= (0{\cdot}64)\ (1{\cdot}0 \text{ ଇଞ୍ଚ}^2)\ (24 \text{ ଫୁଟ/ ସେକେଣ୍ଡ})$

$= (0{\cdot}64) \left(\frac{1{\cdot}0}{144} \text{ ଫୁଟ}^2 \right) (24 \text{ ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ})$

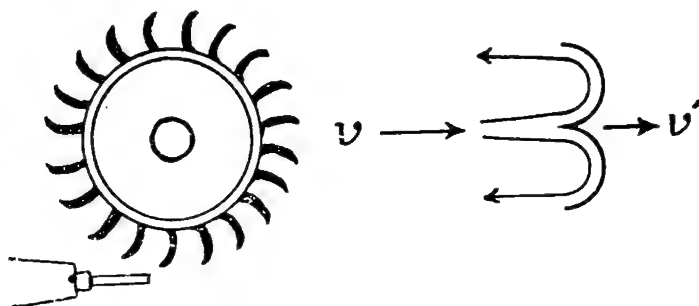
$= (0{\cdot}64) \left(\frac{1{\cdot}0}{144} \text{ ଫୁଟ}^2 \right) (24 \times 60 \text{ ଫୁଟ/ମିନିଟ୍})$

$= 6{\cdot}4$ ଘନଫୁଟ/ମିନିଟ୍ ।

20.11 ଟରବାଇନ୍ (Turbine) :

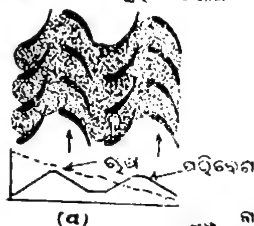
ଏହା ସଦାବେଳେ ଆବର୍ତ୍ତନ କରୁଥାଏ । ଏହି ଚକର ପରିଧିରେ ଫଳକ କିମ୍ବା ବାଲ୍‌ଟି ଗୁଡ଼ିଏ ଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକଦ୍ୱାରା ଜଳ, ବାମ୍ପ କିମ୍ବା ଜଳନ୍ତା ଗ୍ୟାସର ପ୍ରବାହର ଦିଗ

ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ପ୍ରବାହୀର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ; ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନଜନିତ ବଳଦ୍ୱାରା ଚକ୍ର ଆବର୍ତ୍ତନ କରେ । ଏହି ଚକ୍ରର ଫଳକଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ

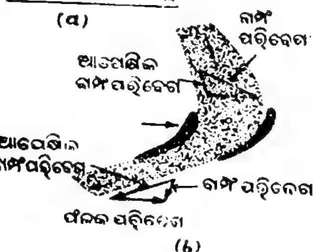


(ଚିତ୍ର 125)

ପ୍ରବାହୀ ସ୍ଥିରରେ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରିବା ଭଳି ସେଗୁଡ଼ିକର ଆକୃତି ହୋଇଥାଏ । ଏହାଫଳରେ ଚକ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟଦକ୍ଷତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଦକ୍ଷତାକୁ ଆହୁରି ଅଧିକ ବୃଦ୍ଧି କରିବା ସକାଶେ, ସେଥିରୁ ପ୍ରବାହୀ ଖୁବ୍ କମ୍ ବେଗରେ ବିସର୍ଜନ ହେବାପାଇଁ ଧ୍ୟାନ ଦିଆଯାଇଥାଏ । (ଚିତ୍ର 125) ରେ ଗୋଟିଏ ପେଲଟନ୍ ଚକ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟଦକ୍ଷତା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏହି ଚକ୍ରରେ କ୍ଷେପର ପରିବେଗ v, ଫଳକର ପରିବେଗ v'ର ଦୁଇଗୁଣ ହୋଇଥିଲେ, ବିସର୍ଜିତ ଜଳର ପରିବେଗ ଭୂମି ତୁଳନାରେ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ଓ କ୍ଷେପରେ ଥିବା ଜଳର ସମସ୍ତ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ; କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବକ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ଶକ୍ତିର ଶତକଡ଼ା 70ରୁ 90 ଅଂଶ ମାତ୍ର କାର୍ଯ୍ୟ ସକାଶେ ମିଳିଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର 126 (a)) ରେ ଗୋଟିଏ ବାଷ୍ପ ଟରବାଇନ୍ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଥିରେ ଉଚ୍ଚ ବେଗର ବାଷ୍ପ ଏକାନ୍ତରରେ ଥିବା ସ୍ଥିର ଓ ଆବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଫଳକଗୁଡ଼ିକଦେଇ ଗତିକରେ । ଏଥିରେ ବାଷ୍ପ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ବାରମ୍ବାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବାରୁ, ତାହାର ଅଧିକାଂଶ ଶକ୍ତି ଆବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଫଳକଗୁଡ଼ିକୁ ଆବର୍ତ୍ତନ କରିବାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର 126)

ସାରାଂଶ

କୌଣସି ନଳୀଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ତରଳ ପ୍ରବାହର ହାର ଏକକ ସମୟରେ ନଳୀର କୌଣସି ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ତରଳର ପରିମାଣ ରୂପେ ମାପ କରାଯାଏ ।

$$\frac{V}{t} = A.v.$$

କୌଣସି ତରଳ ସ୍ଥିରତାରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିଲେ ତା'ର ବେଗ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଥିବା ସ୍ଥାନରେ ଚାପ ସର୍ବନ୍ୟୂନ ଥାଏ ।

କୌଣସି ତରଳର ସ୍ଥିରପ୍ରବାହକୁ 'ଚ୍ଚାପ-ଉଚ୍ଚତା'; 'ପତନଠାରୁ ଉଚ୍ଚତା' ଓ 'ପରିବେଗ-ଉଚ୍ଚତା'ର ସମଷ୍ଟି ଏକ ସ୍ଥିରଙ୍କରୂପେ ବର୍ନୋଉଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ଅନୁଯାୟୀ ବର୍ଣ୍ଣନା କରଯାଇ ପାରିବ । ଅର୍ଥାତ୍

$$\frac{P_1}{\rho g}+h_1+\frac{v_1^2}{2g}=\frac{P_2}{\rho g}+h_2+\frac{v_2^2}{2g}$$ ହେବ ।

କୌଣସି ପ୍ରବାହୀର ହାର ମାପକରିବା ସକାଶେ ଭେଞ୍ଚୁରୀ ପ୍ରବାହ ମିଟର (flow meter) ବର୍ନୋଉଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ଖଟାଇ ବ୍ୟବହାର କରଯାଇଥାଏ ।

ପ୍ରବାହୀ-ଘର୍ଷଣ ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କ η ହିସାବରେ ମାପ କରଯାଏ ।

ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କର ସଜ୍ଞା ହେଉଛି ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳବିଶିଷ୍ଟ ପୃଷ୍ଠପ୍ରତି ନିହିତ ସ୍ପର୍ଶକ ବଳ (F/A) ଓ ସ୍ତରୀକୃତ ପ୍ରବାହରେ ପ୍ରବାହୀର ଦୁଇଟି ସମତଳ ମଧ୍ୟରେ ପରିବେଗ କ୍ରମହାର (v/s) ର ଅନୁପାତ :

$$\therefore\ \eta=\frac{F/A}{v/s}=\frac{F.S.}{A.v}\ .$$

କୌଣସି ପୃଷ୍ଠ ତ'ାର ବାହାର ଗଠନ ଫଳରେ ବାୟୁର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳଦ୍ୱାରା ଗତି କରିପାରିଲେ ତାକୁ ବାୟୁପର୍ଣ୍ଣ କୁହାଯାଏ ।

କୌଣସି ପାତ୍ରସ୍ଥ ତରଳପାତ୍ରର କୌଣସି ବିବର ଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିଲେ, ଟରିସେଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ଅନୁଯାୟୀ, ପ୍ରବାହର ବେଗ, $v=\sqrt{2gh}$.

ଟରବାଇନ୍‌ର ଫଳକଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା କୌଣସି ପ୍ରବାହୀ ବିକ୍ଷେପିତ ହେଲେ ପ୍ରବାହୀର ସବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ । ତାହା ଅକ୍ଷକୁ ଆବର୍ତ୍ତନ କରଏ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. କୌଣସି କୋଠାରେ ଗୋଟିଏ ପାଣିକଳ ଖୋଲା ହୋଇଅଛି । ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ଆଉ ଗୋଟିଏ କଳ ଖୋଲିଦେଲେ ପ୍ରଥମ କଳଟିର ଜଳପ୍ରବାହ କମିଯାଏ କାହିଁକି ?

2. ପ୍ରବାହଗୁଡ଼ିକର 'ସ୍ଥିତ-ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ ଶୂନ୍' ଏହା ଆଲୋଚନା କର ।

3. ପ୍ରବାହୀର ପ୍ରବାହପ୍ରଣାଳୀ ବିଶଦଭବେ ବର୍ଣ୍ଣନ କର । ପ୍ରବାହର କାରଣଗୁଡ଼ିକ କ'ଣ ?

4. ବର୍ନୋଉଲିଙ୍କ ନିୟମର ଗ୍ରରିଗୋଟି ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।

5. ଜଳଥିବା କୌଣସି ସିଲିଣ୍ଡରରେ ପଥର ଗୁଳିଗୁଡ଼ିଏ ପକାଇଲେ ସେଗୁଡ଼ିକ ଭୂଲମ୍ବରେ ପଡ଼ିବ ନାହିଁ କାହିଁକି ?

6. କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍-ଦାହକ ଭିତରକୁ ବାୟୁ କିପରି ଆକୃଷ୍ଟ ହୁଏ ?

7. କୌଣସି ଦ୍ରୁତଗାମୀ ରେଳଗାଡ଼ି ନିକଟରେ ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି ଠିଆ ହୋଇଥିଲେ, ସେ ଗାଡ଼ି ନିକଟରେ ପଡ଼ିଯିବାର ଆଶଙ୍କା ରହିଛି କି ?

8. ପତାକା କାହିଁକି ଫର୍ ଫର୍ ହୁଏ ? ଗୋଟିଏ ବେସ୍-ବଲ୍ (Base ball) କାହିଁକି ବକ୍ରଗତି କରେ ?

9. କୌଣସି ତରଳ ଭଣ୍ଡାରରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ରନ୍ଧ୍ରରୁ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ତରଳର ବେଗ, ତରଳର ପୃଷ୍ଠଠାରୁ ରନ୍ଧ୍ରର ଗଭୀରତା ଉପରେ କିପରି ନିର୍ଭର କରେ ?

10. ଗୋଟିଏ ଜଳକ୍ଷେପ କୌଣସି ପୃଷ୍ଠକୁ ଆଘାତ ଦେଉଛି । ସେହି ଜଳ ନଗଣ୍ୟ ବେଗରେ ବହିଯାଉଛି ବୋଲି କଳ୍ପନା କରି, କ୍ଷେପ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ବଳ ସକାଶେ ଏକ ସମୀକରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

11. ସମବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଭୂସମାନ୍ତର ନଳୀରେ କୌଣସି ତରଳକୁ ପ୍ରେରଣ କରିବା ସକାଶେ ଚାପର ପ୍ରଭେଦ କାହିଁକି ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ?

12. ବିଭିନ୍ନ ଉଚ୍ଚତାରେ କୌଣସି ଉଡ଼ାଜାହାଜ ଡେଣାର ଉପର ଓ ତଳ ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଚାପର ପ୍ରଭେଦ କିପରି ଘଟେ ? ସମୀକରଣ (4) ର ଅବଲମ୍ବନରେ ତୁମ ଉତ୍ତରର ଯାଥାର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରତିପାଦନ କର ।

13. ଅସମାନ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଭୂସମାନ୍ତର ନଳୀରେ ଜଳ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ନଳୀରେ ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କ୍ଷୁଦ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଜଳ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହି ପାରେକି ? ଏହା ବୁଝାଅ ।

14. ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ଜେଟ୍ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଗୋଟିଏ ବଲ୍ ଘୂରି ଘୂରି କାହିଁକି ରହିବ, ଚିତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

15. ଟେବୁଲ ଉପରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଦୁଇଟି ଉଚ୍ଚ ସିଲିଣ୍ଡରରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଜଳ ଓ ପାରଦ ସମାନ ପତନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରଯାଇଛି । ସେ ଦୁଇଟିରୁ କେଉଁଟିରେ, କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଗଭୀରତାରେ ଚାପ ଅଧିକ ? ସିଲିଣ୍ଡର ଦୁଇଟିର କାନ୍ଥର ଠିକ୍ ମଧ୍ୟଭଗରେ ଯଦି ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ରନ୍ଧ୍ର ଖୋଲି ଦିଆଯାଏ, ତେବେ କେଉଁଟିରୁ ଅଧିକ ବେଗରେ ତରଳ ନିର୍ଗତ ହେବ ? ଟେବୁଲ୍ ପୃଷ୍ଠରେ ପଡ଼ିବା ପୂର୍ବରୁ ସେଥିରୁ କେଉଁ ଜେଟ୍‌ଟି ଅଧିକ ଦୂର ଗତି କରିବ ?

16. ଆକାଶଛତା (Parachute) ସାହାଯ୍ୟରେ ମନ୍ଥର ପତନକୁ ବର୍ନୋଉଲିଙ୍କ ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ବୁଝାଇ ଦିଆଯାଇ ପାରିବ କି ?

17. ମୁକ୍ତ ଭାବେ ପଡ଼ୁଥିବା ଜଳ ଖଣ୍ଡ ଖଣ୍ଡ ହୋଇ ବୁନ୍ଦାରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ; କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ନଳୀଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ବେଳେ ତାହା ଏକ ଅଖଣ୍ଡ ସ୍ରୋତରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥାଏ । ଏହାର କାରଣ ବୁଝାଅ ।

18. 2·0 ସେ:ମି: ଅନ୍ତର୍ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ନଳୀରୁ ମିନିଟ୍ ପ୍ରତି 8·0 ଲିଟର ହାରରେ ଜଳ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ନଳୀ ଭିତରେ ଜଳର ବେଗ କେତେ ?

(ଉ: 4·25 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ)

19. 1·5 ଇଞ୍ଚ ଅନ୍ତର୍ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ନଳୀରେ 3·5 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ହାରାହାରି ବେଗରେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ମିନିଟ୍ ପ୍ରତି ଗ୍ୟାଲନ୍‌ରେ ପ୍ରବାହର ହାର କେତେ ? (1 ଗ୍ୟାଲନ୍=231 ଘନ ଇଞ୍ଚ)

(ଉ: 19 ଗ୍ୟାଲନ୍/ମିନିଟ୍)

20. ଗୋଟିଏ ଅମ୍ଳଜାନ ଭଣ୍ଡାରର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଆୟତନ 300 ଘନଫୁଟ; ପୁଣି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଚାପର ପରିମାଣ 180 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ । 5·0 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଚାପରେ 0·40 ଘନଫୁଟ/ମିନିଟ୍ ହାରରେ ବ୍ୟୟ କରୁଥିବା ଏକ ଅକ୍ସିଏସିଟିଲିନ୍ ଟର୍ଚ୍ଚ ସହିତ ତାହା ସଂଯୋଗ କରାଗଲା । ଭଣ୍ଡାରର ଅମ୍ଳଜାନ ଯୋଗାଣ କେତେ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଚାଲୁ ରହିବ ? (ଉ: $4\frac{1}{2}$ ଘଣ୍ଟା)

21. 64·0 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ଗୋଟିଏ ସ୍ରୋତର ପ୍ରତି ଘନଫୁଟ ଜଳର ଗତିଜ ଶକ୍ତି କେତେ ? (ଉ: 4000 ଫୁଟ/ପାଉଣ୍ଡ)

22. ଗୋଟିଏ $\frac{1}{2}$ ଇଞ୍ଚ ନଳୀରେ 50 ଘନଫୁଟ ଜଳ ପ୍ରେରଣ କରିବାରେ କେତେ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଉଛି ? ନଳୀର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଚାପର ଅନ୍ତର 15 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ।

(ଉ: 84857 ଫୁଟ-ପାଉଣ୍ଡ)

23. 6·0 ସେ:ମି: ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଭୂସମାନ୍ତର ନଳୀରେ 0·90 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ନଳୀର କୌଣସି ଏକ ଛେଦ ଠାରେ 4·2 ସେ:ମି:ର ଏକ ଉପସଂକୋଚ ରହିଛି । ସେଠାରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପ ମୂଳନଳୀର ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଚାପଠାରୁ 16000 ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି: କମ୍ । ନଳୀରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବେଗ ସ୍ଥିର କର । (ଉ: 110·0 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ)

24. 5·0 ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଗ୍ରୀବାବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଭେନ୍‌ଚୁରୀ ମିଟରକୁ 12 ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦର ଗୋଟିଏ ନଳୀ ସହିତ ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଛି । ମିଟର ଦେଇ ଜଳ ସ୍ଥିରତାରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବାବେଳେ ନଳୀରେ ଚାପ 22 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ, ପୁଣି ଗ୍ରୀବାଠାରେ ଚାପ 16 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଦେଖାଗଲା । ପ୍ରବାହର ହାର ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି ଘନଫୁଟରେ କେତେ ? (ଉ: 5·55 ଘନଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

25. 4·0 ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଭୂସମାନ୍ତର ନଳୀରେ 1·0 ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦର ଗୋଟିଏ ଉପସଂକୋଚ ଅଛି । ବୃହତ୍ତର ନଳୀରେ 42·0 ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ଗ୍ୟାସୋଲିନ୍ 6·0 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ସେହି ନଳୀରେ ଚାପ 10·0 ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ । ଉପସଂକୋଚରେ (କ) ବେଗ ଓ (ଖ) ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 24·0 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ; 7·5 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ)

26. 3·0 ସେ:ମି: ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ନଳୀରେ 0·85 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତୈଳ $1{\cdot}6\times10^6$ ଡ଼ାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି: ଚାପରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ଗୋଟିଏ ଭେନ୍‌ଚୁରୀ ଉପସଂକୋଚଠାରେ ନଳୀର ବ୍ୟାସ 2·0 ସେ:ମି:; ପୁଣି ସେଠାରେ ଚାପ $1{\cdot}0\times10^6$ ଡ଼ାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି: । ନଳୀରେ ତୈଳ ପ୍ରବାହର ହାର ସ୍ଥିର କର । (ଉ: 1·1 ଲିଟର/ସେକେଣ୍ଡ)

27. କୌଣସି ନଳୀରେ 64 ଘନଫୁଟ/ମିନିଟ୍ ହାରରେ ଜଳ ସ୍ଥିରତାରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ନଳୀର ବ୍ୟାସ 4·0 ଇଞ୍ଚ ଥିବା ଛେଦ ଠାରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଚାପ ମାପକ 16 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଦର୍ଶାଉଛି । ନଳୀର ଅନ୍ୟ ଏକ ଛେଦର ବ୍ୟାସ 2·0 ଇଞ୍ଚକୁ ସଂକୁଚିତ ହୋଇଥିଲେ, ସେଠାରେ ଚାପର ପରିମାଣ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 0·9 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ-ଚାପ ମାପକ ଦର୍ଶାଇବା ଚାପ)

28. ଗୋଟିଏ ଭେନ୍‌ଚୁରୀ ପ୍ରବାହ ମାପକ, କୌଣସି ନଳୀର 1·0 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ସ୍ୱାଭାବିକ ଛେଦ ଓ 0·25 ଇଞ୍ଚ ଅନ୍ତର୍ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଉପସଂକୋଚ ମଧ୍ୟରେ 7·5 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଚାପର ପ୍ରଭେଦ ଦର୍ଶାଉଛି । ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ତାହା କେତେ ଗ୍ୟାଲନ୍ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରେରଣ କରୁଛି ? (ଉ: $\frac{1}{3}$ ଗ୍ୟାଲନ୍)

29. କୌଣସି ନଳୀରେ 1·0 ଘନଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ହାରରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ଜଳ ସ୍ୱାଭାବିକ ନଳୀ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଏକ ଦଶମାଂଶ କ୍ଷେତ୍ରଫଳବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଉପସଂକୋଚରେ ପ୍ରବେଶ କରେ । ଉପସଂକୋଚରେ ଜଳ ଚାପର ହ୍ରାସ କେତେ ? ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା 62·4 ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ ।

(ଉ: 0·67 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ)

30. କୌଣସି ବାୟୁ ସୁଡ଼ଙ୍ଗ ପରୀକ୍ଷାରେ ଗୋଟିଏ ବାୟୁ-ପର୍ଣ୍ଣର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଚାପ 12·95 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଓ ପୃଷ୍ଠ ତଳେ ଚାପ 13·05 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ଦେଖାଗଲା । ଏହି ପ୍ରକାରେ ନିର୍ମିତ 24·0 ଫୁଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 5·0 ଫୁଟ ପ୍ରସ୍ଥ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଡ଼େଣା ପ୍ରତି ଉତ୍ତୋଳନ ବଳର ପରିମାଣ କେତେ ?

(ଉ: 1728 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ)

31. 800 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଉଡ଼ାଜାହାଜର ଡେଣାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 120·0 ବର୍ଗଫୁଟ । ଉଡ଼ାଜାହାଜଟିକୁ ସମତଳ ଉଡ଼୍ଡୟନରେ ରଖିବା ସକାଶେ ଡେଣାର ଦୁଇ ପଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଚାପର ଅନ୍ତର କେତେ ରହିବା ଦରକାର ?

(ଉ: 0·046 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ)

32. (କ) ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠଠାରୁ 25 ଫୁଟ ଗଭୀରରେ ଥିବା କୌଣସି ରନ୍ଧ୍ରରୁ କେତେବେଗରେ ଜଳ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ? (ଉ: 40 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

(ଖ) ଜଳର ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି 20 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚର ଅତିରିକ୍ତ ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ଏହି ରନ୍ଧ୍ରରୁ ବିସର୍ଜନ କରାଯାଉଥିବା ଜଳର ବେଗ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 12 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

33. କୌଣସି ଜଳଭଣ୍ଡାରର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଭଲ୍‌ଭର ସମତଳଠାରୁ 9·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚରେ ଜଳ ରହିଛି । (କ) ଘର୍ଷଣ ଉପକ୍ଷେଣୀୟ ହେଲେ, ଭଲ୍‌ଭରୁ କେତେ ବେଗରେ ଜଳ ବହିର୍ଗତ ହେବ ? (ଖ) ନିର୍ଗମ ନଳୀର ରନ୍ଧ୍ର ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ହୋଇଥିଲେ ଏହି ଜଳ କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିବ ? (ଉ: 24 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ; 9·0 ଫୁଟ)

34. କୌଣସି ଜଳଭଣ୍ଡାରରେ 24·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚରେ ଜଳ ବରବର ରହୁଛି । ଭଣ୍ଡାରର ଜଳକୁ 1·0 ଗ୍ୟାଲନ୍/ମିନିଟ୍ ହାରରେ ବିସର୍ଜନ କରିବା ସକାଶେ ଜଳଭଣ୍ଡାରର ଭୂମି ନିକଟରେ ଖୋଲିବା ସକାଶେ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା' ବୃତ୍ତାକାର ସ୍ରୋତ-ରେଖିକ ରନ୍ଧ୍ରର ବ୍ୟାସ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 0·8 ଇଞ୍ଚ)

35. 24·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାବିଶିଷ୍ଟ ଜଳ କୌଣସି ଗଡ଼ାଣିଆ ନାଳରେ 9 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ଘର୍ଷଣଜନିତ କ୍ଷତିକୁ ଉପେକ୍ଷା କରିଦେଲେ 12·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାରେ ରହୁଥିବା ଜଳପ୍ରବାହର ବେଗ କେତେ ହେବ ? (ଉ: 29·0 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

36. କୌଣସି ଜଳଭଣ୍ଡାରର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଗୋଟିଏ ତୀକ୍ଷ୍ଣ-ଧାରର ବିବର ଅଛି । ବିବରର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ 4·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚରେ ଭଣ୍ଡାରର ଜଳପତନ ସଂରକ୍ଷିତ ହୋଇଛି । ବିବରର ବ୍ୟାସ 1·0 ଇଞ୍ଚ, କିନ୍ତୁ ରନ୍ଧ୍ର ଛାଡ଼ିବାବେଳେ ସ୍ରୋତଟି ଏହି ବ୍ୟାସର $\frac{3}{4}$କୁ ସଙ୍କୁଚିତ ହୋଇଯାଉଛି । ରନ୍ଧ୍ରଠାରୁ କେଉଁ ହାରରେ ଜଳ ନିର୍ଗତ ହେଉଛି ? (ଉ: 8·5 ଘନଫୁଟ/ମିନିଟ)

37. ଗୋଟିଏ ଠିଆ ନଳୀର ପାଦଦେଶର 6·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ରନ୍ଧ୍ରରୁ ଏକ ଜଳସ୍ରୋତ ବାହାରି 48·0 ଫୁଟ ଭୂସମାନ୍ତର ଦୂରରେ ଭୂମିକୁ ଆଘାତ କରୁଛି । ରନ୍ଧ୍ରଟି ଜଳ ପୃଷ୍ଠର କେତେ ନିମ୍ନରେ ଅବସ୍ଥିତ ? (ଉ: 96·0 ଫୁଟ)

38. ଗୋଟିଏ ଦମକଳର ହୋସରୁ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 32 ପାଉଣ୍ଡ ଜଳ ଭୂସମାନ୍ତର କ୍ଷେପରେ ନିର୍ଗତ ହୋଇ ଗୋଟିଏ ଲମ୍ବ କାନ୍ଥକୁ 75 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ଆଘାତ ଦେଉଛି । ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଜଳକଣିକା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ବେଗରେ କାନ୍ଥରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହେଉଥାଏ, ତେବେ କାନ୍ଥ ଉପରେ ଜଳ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ସମୁଦାୟ ବଳର ପରିମାଣ କେତେ ? (ଉ: 2340 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ)

39. ଗୋଟିଏ ପେଲଟନ ଚକ 120 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା 3·0 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଜଳଜେଟଦ୍ୱାରା ଚାଳିତ ହେଉଛି । (କ) ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ

କେତେ ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଉଛି ? (ଖ) ଦକ୍ଷତାକୁ ଶତକଡ଼ା 75 କଳ୍ପନା କରି ଚକ କେତେ ଅଶ୍ୱ-କ୍ଷମତା ହାସଲ କରିପାରିବ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: 83,000 ଫୁଟ-ପାଉଣ୍ଡ; 110 ଅଶ୍ୱ-କ୍ଷମତା)

40. 1·0 କି:ଗ୍ରା:ର ଗୋଟିଏ ବାଲ୍‌ଟିରେ 10·0 କି:ଗ୍ରା: ଜଳ ଧରୁଛି । କୌଣସି କବନ୍ଧ ନାଳର ଜଳ ବାଲ୍‌ଟିକୁ 12·0 ସେକେଣ୍ଡରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରୁଛି । ବାଲ୍‌ଟିଟି ଠିକ୍ ଅଧା ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥିବାବେଳେ ତାକୁ ଧାରଣ କରିଥିବା ତରାଜୁ 6·5 କି:ଗ୍ରା: ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଛି । ସେହି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ପ୍ରବାହିତ ଜଳର ପରିବେଗ କେତେ ? (ଜଳ ଛିଟକେ ନାହିଁ ବୋଲି କଳ୍ପନା କର ।) (ଉ: 5·9 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ)

41. ଗୋଟିଏ ଜଳଭଣ୍ଡାରରେ 10·0 ଫୁଟ ଗଭୀରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 1·10 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଲୁଣିଜଳ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଛି । ଜଳ ଭଣ୍ଡାରର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଭୂମିର 2·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚରେ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ରନ୍ଧ୍ର ଥିଲେ, ବାହାରକୁ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଜଳର ବେଗ କେତେ ହେବ ?
(ଉ: 23 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

42. 60·0 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚର ଏକ ଜଳପ୍ରପାତଦ୍ୱାରା ଏକ ଟର୍‌ବାଇନ ଚାଳିତ ହେଉଛି । ପ୍ରବାହର ହାର ମିନିଟ୍ ପ୍ରତି 480 ଘନଫୁଟ ହେଲେ, ଉତ୍ପାଦିତ ହେଉଥିବା ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସାମର୍ଥ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 54 ଅଶ୍ୱ-ସାମର୍ଥ୍ୟ)

43. କୌଣସି ଶୂନ୍ୟ-ପମ୍ପ (Vacuum Pump) ର ବେଗ ଓ ଏକକ ସମୟରେ ତାହା କୌଣସି ଧାରକରୁ ଆହରଣ କରିବା ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ, ଚାପ ଉପରେ ପ୍ରାୟ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । 76·0 ସେ:ମି: ପାରଦର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଚାପର ବାୟୁ ଥିବା କୌଣସି ପାତ୍ରରୁ 10·0 ଲିଟର/ମିନିଟ୍ ବେଗରେ ନିଷ୍କାସନ କରିବାପାଇଁ ଗୋଟିଏ ପମ୍ପ ସଂଯୋଗ କରିବାରେ 6·0 ସେକେଣ୍ଡରେ ଚାପ 38·0 ସେ:ମି: ପାରଦକୁ ହ୍ରାସ ପାଇବା ଦେଖାଗଲା । ଚାପକୁ 0·100 ମି:ମି: ପାରଦକୁ ହ୍ରାସ କରାଇବା ସକାଶେ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ସମୟ ପ୍ରାୟ କେତେ ହେବ ? (ଉ: 78 ସେକେଣ୍ଡ)

୦

ଏକବିଂଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ଧ୍ୱନି

Sound

ତରଙ୍ଗର ଗତି :

ସମସ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟ ସକାଶେ ସୁବିଧାଜନକରୂପେ ଶକ୍ତି ପାଇବା ଆମ ନିକଟରେ ଏକ ଅବିରତ ସମସ୍ୟା । କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କାର୍ଯ୍ୟ ସକାଶେ ଶକ୍ତିକୁ ରୂପାନ୍ତରିତ କରିବା, ପୁଣି ସେହି ରୂପାନ୍ତରିତ ଶକ୍ତିକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ସମସ୍ୟାଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ବଡ଼ ଗୁରୁତର । ସାଧାରଣତଃ ବସ୍ତୁକଣିକା ବା ଓଜନିଆ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଗତିଦ୍ୱାରା ଓ ତରଙ୍ଗ ସାହାଯ୍ୟରେ ଶକ୍ତି ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ ।

କୌଣସି ତାରଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତିର ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହେଉଛି କଣିକା ସଂଚରଣର ଏକ ଉଦାହରଣ । ତାରରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବା ଗୁର୍ଜିତ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଗତିକରି ସେମାନଙ୍କ ଗତିଦ୍ୱାରା ପରିପଥର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁକୁ ଶକ୍ତି ଯୋଗାନ୍ତି । କୌଣସି ଧାତବ ଦଣ୍ଡର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ ତାପମାତ୍ରାର ପାର୍ଥକ୍ୟ ସୃଷ୍ଟି କଲେ, ଦଣ୍ଡସ୍ଥ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଧକ୍କା ବା ସଂଘଟନ ଯୋଗୁଁ ଦଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଶକ୍ତି ସଞ୍ଚରିତ ହୁଏ । ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଅସମାନ ଗତି ହେତୁ ଚାପର ପାର୍ଥକ୍ୟ ଘଟେ ଓ ପବନ ବହେ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତି ସଂଚରିତ ହୁଏ । ଏହି ପବନ ଶକ୍ତିକୁ ମଧ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟରେ ଲଗାଯାଇ ପାରେ ।

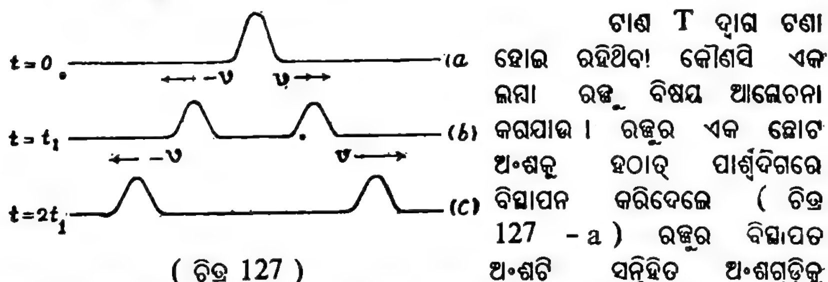
21.1 ତରଙ୍ଗମାଳା :

କୌଣସି ପୋଖରୀର ସ୍ଥିର ଜଳରେ ଢେଲଟିଏ ପକାଇଲେ, ଢେଲଟି ଜଳରେ ପ୍ରବେଶ କରିବା ସ୍ଥାନରେ ଏକ ବିକ୍ଷୋଭର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ବିକ୍ଷୋଭଟି ସେହିଠାରେ କେବଳ ନ ରହି, ପୋଖରୀର ଚତୁର୍ଦ୍ଦଗରେ ବ୍ୟାପିଯାଏ । ଢେଲଟି ଜଳକୁ ସ୍ପର୍ଶକରିବା ସ୍ଥାନରେ ଜଳ କଣିକାଗୁଡ଼ିକୁ ଗତିଶୀଳ କରାଏ । ଏହି ଜଳ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ସେଗୁଡ଼ିକର ପଡ଼ୋଶୀ କଣିକାଗୁଡ଼ିକୁ ଗତିଶୀଳ କରନ୍ତି; ପୁଣି ସେହି କଣିକାଗୁଡିକ ସେଗୁଡିକର ପଡ଼ୋଶୀ କଣିକାଗୁଡ଼ିକୁ ଗତିଶୀଳ କରନ୍ତି । ଏହି ରୂପେ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଗତିଶୀଳ ହୋଇ ବିକ୍ଷୋଭଟି ପରିଶେଷରେ ପୋଖରୀ କୂଳରେ ଯାଇ ପହଞ୍ଚେ । ଏହି ବିକ୍ଷୋଭରେ କୌଣସି ଜଳକଣିକା ତାର ପୂର୍ବାସ୍ଥାନରୁ ଦୂରକୁ ଗତିକରେ ନାହିଁ; କେବଳ ବିକ୍ଷୋଭ ଜଳଦେଇ ଗତି କରେ । ଏହି ଆଚରଣଟି ସମସ୍ତ ତରଙ୍ଗଗତିର ଲକ୍ଷଣ । କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ସେଗୁଡ଼ିକର ପୂର୍ବ ସ୍ଥାନଦେଇ କମ୍ପନ ଗତି କରନ୍ତି । ଏହା ଫଳରେ ମାଧ୍ୟମଦେଇ ଏକ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରେ । କୌଣସି ମାଧ୍ୟମଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ବିକ୍ଷୋଭକୁ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ । ବିକ୍ଷୋଭଟି ମାଧ୍ୟମରେ ଏପରିଭାବରେ ଗତିକରେ ଯେ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ତାର ବିସ୍ଥାପନଟି ସମୟ ଅନୁସାରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ; ପୁଣି କୌଣସି କ୍ଷଣରେ ବିସ୍ଥାପନଟି କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଅବସ୍ଥିତି ଅନୁସାରେ ବଦଳେ । ତେଣୁ ତରଙ୍ଗ ଗତି ବେଳେ କଣିକାର ବିସ୍ଥାପନ ସମୟ ଓ ସ୍ଥାନର ଫଳନ (Function) ହୋଇଥାଏ । ପୁରା ମାଧ୍ୟମଟି ତରଙ୍ଗ ଦିଗରେ ଗତି କରେ ନାହିଁ ।

ମାଧ୍ୟମର ଭରୋରଭର ଅଂଶଗୁଡ଼ିକର ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ଯୋଗୁଁ ମାଧ୍ୟମ ଦେଇ ତରଙ୍ଗ ଗତିକରେ । ସୁତରାଂ ଏହି ଧରଣର ଏକ ତରଙ୍ଗ କେବଳ ଏକ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ମାଧ୍ୟମରେ ଗତି କରିପାରିବ ।

ବିବିଧ ପ୍ରକାରର ତରଙ୍ଗ ଅଛି । ସଂଚରଣ ଦିଗ ତୁଳନାରେ ମାଧ୍ୟମର ସ୍ଥାନୀୟ ଅଂଶର ଗତିକୁ ଧରି ସେଗୁଡ଼ିକର ଶ୍ରେଣୀବିଭାଗ କରଯାଇଛି । ଅତି ସାଧାରଣ ପ୍ରକାରର ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି, ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ (transverse) ତରଙ୍ଗ ଓ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ (longitudinal) ତରଙ୍ଗ; କିନ୍ତୁ ଅନେକ ସମୟରେ ଏ ଦୁଇଟିର ସମ୍ମିଳନରେ ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରର ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

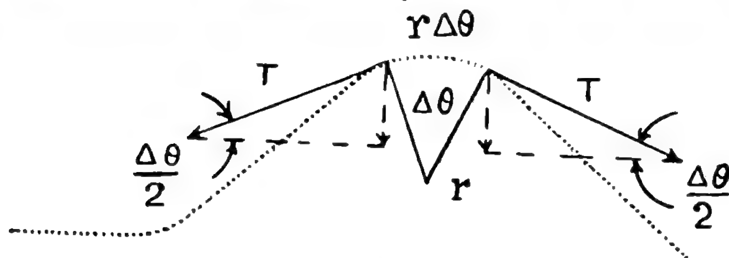
21.2 ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗମାଳା :



(ଚିତ୍ର 127)

ଟାଣ T ଦ୍ୱାରା ଟଣା ହୋଇ ରହିଥିବା କୌଣସି ଏକ ଲମ୍ବା ରଜ୍ଜୁ ବିଷୟ ଆଲୋଚନା କରଯାଉ । ରଜ୍ଜୁର ଏକ ଛୋଟ ଅଂଶକୁ ହଠାତ୍ ପାର୍ଶ୍ୱଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପନ କରିଦେଲେ (ଚିତ୍ର 127 - a) ରଜ୍ଜୁର ବିସ୍ଥାପିତ ଅଂଶଟି ସନ୍ନିହିତ ଅଂଶଗୁଡ଼ିକୁ ବିସ୍ଥାପିତ କରିବା ସକାଶେ ପାର୍ଶ୍ୱିକ ବଳଗୁଡ଼ିଏ ପ୍ରୟୋଗ କରିବ । ସେହି ସମୟରେ ବିସ୍ଥାପିତ ଅଂଶଟି ମଧ୍ୟ ନିଜର ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାକୁ ଫେରି ଆସିବା ପାଇଁ ବଳଗୁଡ଼ିଏ ଅନୁଭବ କରିବ । ଏହା ଫଳରେ ରଜ୍ଜୁର ମୂଳ ବିସ୍ଥାପିତ ଅଂଶରୁ ଗୋଟିଏ ସ୍ପନ୍ଦନ ବାହାରି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦିଗରେ ଗତି କରିବ । ଅଳ୍ପ ସମୟ t_1 ପରେ ସ୍ପନ୍ଦନ ଦୁଇଟି (ଚିତ୍ର 127 - b) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ଭଳି ଦେଖାଯିବ; ପୁଣି ଆହୁରି କିଛି ସମୟ ପରେ (ଚିତ୍ର 127 - c) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ଭଳି ଦେଖାଯିବ

ସ୍ପନ୍ଦନର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର କ୍ଷେତ୍ରରେ ନିହିତ ବଳଗୁଡ଼ିକ ଆଲୋଚନା କରଯାଉ: ସ୍ପନ୍ଦନ ଏବଂ ରଜ୍ଜୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଆପେକ୍ଷିକ ବେଗ ବିଷୟ ଆଲୋଚନା କରିବା ଆମର ଲକ୍ଷ୍ୟ



(ଚିତ୍ର 128)

ହୋଇଥିବା ଯୋଗୁଁ ଆମେ କଳ୍ପନା କରିବା ଯେ ଆପେକ୍ଷିକ ବେଗ v ରେ ରଜ୍ଜୁଟି ଗୋଟିଏ ସ୍ଥିର ବୃତ୍ତ Cରେ ଶିଖର ଉପରେ ଗତି କରୁଛି । ଶିଖର ଅଂଶଟିକୁ $r\,\Delta\theta$ ଦୈର୍ଘ୍ୟବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ଖଣ୍ଡ (arc) ରୂପେ ଧରଯାଉ (ଚିତ୍ର 128) । ରଜ୍ଜୁର ଏହି

ଅଂଶ ଉପରେ ନିହିତ ନିମ୍ନମୁଖୀ ବାସ୍ତବିକ ବଳ, $F=2T \sin(\triangle\theta/2)$ । କୋଣଟି କ୍ଷୁଦ୍ରତର ହୋଇଥିବାରୁ $\frac{\triangle\theta}{2}$ ସହିତ $\sin\left(\frac{\triangle\theta}{2}\right)$ ପ୍ରାୟ ସମାନ ହେବ ।

$$\text{ତେବେ } F=2T \sin\frac{\triangle\theta}{2}=2T\frac{\triangle\theta}{2}=T\triangle\theta \text{...........(1)}$$

ରଜ୍ଜୁର ବୃତ୍ତୀୟ ରୂପବିଶିଷ୍ଟ ଏହି ଅଂଶରେ କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ତ୍ୱରଣ ହେଉଛି

$$a=\frac{v^2}{r} \text{...............(2)}$$

$$\text{ପୁଣି, } F=m\times a=\frac{mv^2}{r} \text{......(3)}$$

ରଜ୍ଜୁଟିର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବସ୍ତୁତ୍ୱ μ ହେଲେ,

$m=\mu r(\triangle\theta)$

$$\text{ତେବେ } T\triangle\theta=\frac{\mu r\triangle\theta v^2}{r} \text{ ... . (4)}$$

$$v^2=\frac{T}{\mu}$$

$$\text{ଅଥବା } v=\sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{......... (5)}$$

ରଜ୍ଜୁର ଅଗ୍ରରେ ପହଞ୍ଚିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ପନ୍ଦନ ରଜ୍ଜୁ ଦେହରେ ସ୍ଥିର ବେଗରେ ଗତି କରିବ ।

ଉଦାହରଣ :

4·0 ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ରଜ୍ଜୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 0·3 ଗ୍ରାମ୍ ରଜ୍ଜୁର ଗୋଟିଏ ଅଗ୍ର ଏକ ଗେଧନ ସହିତ ବନ୍ଧା ହୋଇଛି । ଅନ୍ୟ ଅଗ୍ରଟିରେ 2·0 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ ବନ୍ଧାହୋଇ ତାହା ଗୋଟିଏ ପୁଲି (Pully) ଉପରେ ହେଇ ଗତି କରି ଝୁଲୁଛି । ରଜ୍ଜୁରେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ବେଗ କେତେ ?

$T=Mg=2{\cdot}0$ କି:ଗ୍ରା: $\times 9{\cdot}81$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ$^2=19{\cdot}6$ ନିଉଟନ୍ ।

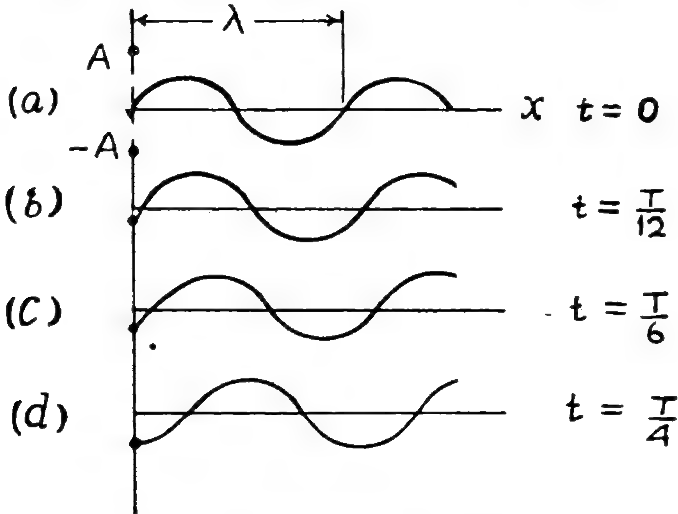
$$\mu=\frac{m}{l}=\frac{3{\cdot}0 \text{ ଗ୍ରା:}}{4{\cdot}0 \text{ ମି:}}=\frac{0{\cdot}003 \text{ କି:ଗ୍ରା:}}{4{\cdot}0 \text{ ମିଟର}}=7{\cdot}5\times10^{-4} \text{ କି:ଗ୍ରା:/ମି;}$$

$$v=\sqrt{\frac{T}{\mu}}=\sqrt{\frac{19{\cdot}6 \text{ କି:ଗ୍ରା: ମି:/ସେକେଣ୍ଡ}^2}{7{\cdot}5\times10^{-4} \text{ କି:ଗ୍ରା:/ମିଟର}}}=\sqrt{2{\cdot}6\times10^4 \text{ ମିଟର}^2/\text{ସେକେଣ୍ଡ}^2}$$

$=160$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ।

ରଜ୍ଜୁର ଗୋଟିଏ ଅଗ୍ର ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିରେ ବିସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ସେଥିରେ ଗୋଟିଏ ଅନାଦୀ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରିବ । ଚିତ୍ର 129 ରେ x=0 ସ୍ଥାନରେ ରଜ୍ଜୁର ଅଗ୍ରକୁ

ବିସ୍ତାର A ପୁଣି ଆବୃତ୍ତି f ରେ କମ୍ପିତ କରଯାଇଛି । ରଜ୍ଜୁରେ ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗ (5) ସମୀକରଣ ଅନୁଯାୟୀ v ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । ପୁଣି ରଜ୍ଜୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକା ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିରେ ସମାନ ଆବୃତ୍ତିରେ କମ୍ପନ କରୁଛି । କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଉତ୍ତରୋତ୍ତର କଣିକାର କମ୍ପନ ଅଳ୍ପ ସମୟ ପରର କଳାରେ ହେଉଛି । $x=0$ ଓ $x=\lambda$ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ତରୋତ୍ତର



(ଚିତ୍ର 129)

କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ସମସ୍ତ ପ୍ରକାରର କଳାର ପ୍ରଭେଦ ରହି ପରିଶେଷରେ ସେଗୁଡ଼ିକ ମୂଳ କଳାକୁ ଫେରି ଆସୁଛନ୍ତି । **ସମାନ କଳାରେ ଥିବା ଦୁଇଗୋଟି ସନ୍ନିହିତ କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତାକୁ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ କୁହାଯାଏ** । $x=0$ ଠାରେ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ କମ୍ପନ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନଭାବେ ଚାଲିଥିଲେ, ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ରଜ୍ଜୁରେ ଡାହାଣ ଦିଗରେ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନତାରେ ଗତି କରନ୍ତି । ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକା ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିବା ଦିଗର ସମକୋଣ ଦିଗରେ କମ୍ପନ କରୁଥିବାରୁ, ତରଙ୍ଗଟିକୁ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ ।

ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ଗତି ସକାଶେ ମାଧ୍ୟମରେ କର୍ତ୍ତନ ବଳର ଆବଶ୍ୟକତା ଥିବାରୁ ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟମଗୁଡ଼ିକ କର୍ତ୍ତନ ବଳ ସମ୍ଭାଳି ପାରନ୍ତି, କେବଳ ସେହି ମାଧ୍ୟମଗୁଡ଼ିକରେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ସଂଚରଣ କରିପାରିବ ।

ତରଙ୍ଗର ବେଗ v, ଆବୃତ୍ତି f ଓ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସରଳ ସଂପର୍କ ଅଛି । ଏକ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ କମ୍ପନକାଳ T ରେ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିବା ଦୂରତା ହେଉଛି λ ।

ସଂପର୍କ ହେଉଛି, $$v=\frac{\lambda}{T}$$

କିନ୍ତୁ $$\frac{1}{T}= f$$

$$v=f\lambda \quad .... (6)$$

ଚିତ୍ର 129ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଆଲୋଚନା କରି ଆମେ ତରଙ୍ଗଗତିରେ ଏକ ଗାଣିତିକ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରକାଶ କରି ପାରିବା । $x=0$ ଠାରେ କମ୍ପନୀୟ କଣିକାଟିର ବିସ୍ଥାପନ ଶୂନ୍ୟ ଥିବା କ୍ଷଣରେ ସମୟ tକୁ ଶୂନ୍ୟ ଧରଯାଉ; ପୁଣି କଣିକାଟି ନିମ୍ନଦିଗରେ ଗତି କରୁଛି ବୋଲି ଧରଯାଉ । ଏବେ ରଜ୍ଜୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକାର ବିସ୍ଥାପନ ପ୍ରକାଶ କଲେ ତା'ର ଆକାର ଏହି ରୂପେ ନିରୂପଣ କରଯାଇ ପାରିବ :—

$$y=A \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \quad \ldots\ldots\ldots(7)$$

$\frac{1}{12}$ କାଳ (ଅବଧି) ପରେ (ଚିତ୍ର 129 b) $t=\frac{T}{12}$ ଓ ବିସ୍ଥାପନ ହେବ

$$y=A \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}-\frac{\pi}{6}\right)$$

ପୁଣି $\frac{1}{6}$ କାଳ ପରେ (ଚିତ୍ର 129 c) $t=\frac{T}{6}$ ଓ ବିସ୍ଥାପନ ହେବ

$$y=A \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}-\frac{\pi}{3}\right)$$

ସାଧାରଣରେ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ x ଠାରେ ଓ ସମୟ t ବେଳେ ବିସ୍ଥାପନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ନିମନ୍ତେ ସମୀକରଣ ହେଉଛି—

$$y=A \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}-\frac{2\pi t}{T}\right) \quad \ldots\ldots\ldots(8)$$

ସମୀକରଣ (8), x ର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିବା A ବିସ୍ତାର-ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସନାଦୀ ତରଙ୍ଗ ନିରୂପଣ କରୁଛି ।

ଏହି ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣଟି ବହୁବିଧ ବିକଳ୍ପ ଆକାରରେ ମଧ୍ୟ ଲେଖାଯାଇ ପାରିବ; ଅର୍ଥାତ୍ $f=\frac{1}{T}$ ଓ $v=f\lambda$ ସମ୍ପର୍କ ବ୍ୟବହାର କଲେ—

$$y=A \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}-2\pi ft\right) \quad \ldots\ldots\ldots(9)$$

ଅଥବା $$y=A \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(x-vt\right) \quad \ldots\ldots\ldots(10)$$

xର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ତରଙ୍ଗ କେବଳ ପରିବେଗର ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରେ । ସେଥିହେତୁ v ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ, ଅର୍ଥାତ୍ $-v$ ହୁଏ; ପୁଣି ସମୀକରଣ (10) ନିମ୍ନରୂପେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ।

$$y=A \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(x+vt\right) \quad \ldots\ldots\ldots(11)$$

ଏଠାରେ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକ ସାଇନ୍ ଫଳନର ପଦରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇଛି । ତରଙ୍ଗଟି କୋସାଇନ୍ ଫଳନର ପଦ ରୂପେ ମଧ୍ୟ ସମାନ ଅର୍ଥରେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇ ପାରିବ ।

ଉଦାହରଣ :

କୌଣସି ତରଙ୍ଗ, $y=0{\cdot}20 \text{ Sin } 0{\cdot}40\pi\ (x-60t)$ ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ନିରୂପିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ସମସ୍ତ ଦୂରତା ସେ:ମି:ରେ, ଓ ସମୟ ସେକେଣ୍ଡରେ ମାପ କରାଯାଇଛି । (କ) ବିସ୍ତାର (ଖ) ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ (ଗ) ବେଗ ଓ (ଘ) ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି, ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଙ) $x=5{\cdot}5$ ସେ:ମି: ଓ $t=0{\cdot}020$ ସେକେଣ୍ଡ ଠାରେ ତରଙ୍ଗର ବିସ୍ଥାପନ କେତେ ହେବ ?

ସମୀକରଣ (10)ରୁ

$$y=A \text{ Sin } \frac{2\pi}{\lambda}\left(x-vt\right).$$

ଏହି ସମୀକରଣ ସହିତ ପ୍ରଦତ୍ତ ସମୀକରଣର ତୁଳନା କଲେ :

(କ) $A=0{\cdot}20$ ସେ:ମି:

(ଖ) $\frac{2\pi}{\lambda}=0{\cdot}40\pi$

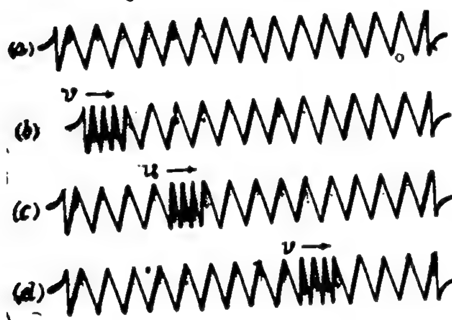
ପୁଣି $\lambda=\frac{2\pi}{0{\cdot}40\pi}=5{\cdot}0$ ସେ:ମି:

(ଗ) $v=60$ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ.

(ଘ) $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{60 \text{ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ}}{5{\cdot}0 \text{ ସେ:ମି:}}=12{\cdot}0$/ସେକେଣ୍ଡ.

(ଙ) $y=(0{\cdot}20$ ସେ:ମି:$) \text{ Sin } 0{\cdot}40\pi\ (5{\cdot}5-60\times0{\cdot}020)$
$=(0{\cdot}20$ ସେ:ମି:$) \text{ Sin } 0{\cdot}40\pi\ (5{\cdot}5-1{\cdot}2)$
$=(0{\cdot}20$ ସେ:ମି:$) \text{ Sin } (0{\cdot}40\times4{\cdot}3\pi)$
$=(0.20$ ସେ:ମି:$) \text{ Sin } 1{\cdot}72\pi$
$=(0{\cdot}20$ ସେ:ମି:$) (-0{\cdot}86)$
$=-0{\cdot}172$ ସେ:ମି:

21.3 ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗମାଳା :

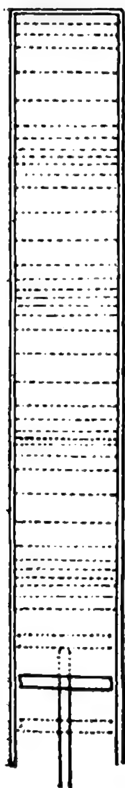


(ଚିତ୍ର 130)

ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକାର କମ୍ପନ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିବା ଦିଗ ସହିତ ସମାନ୍ତରରେ ଥାଏ । କୌଣସି ଏକ ସ୍ପ୍ରିଂ ବା କମାନି ବିଷୟ ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ । ଚିତ୍ର 130 (a)ରେ ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥିର ସ୍ପ୍ରିଂର କୁଣ୍ଡଳୀଗୁଡ଼ିକର ସ୍ଥାନ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଛନ୍ତି । ମନେକର ସ୍ପ୍ରିଂର ବାମ ପାର୍ଶ୍ୱ ପ୍ରାନ୍ତଟିକୁ ଡାହାଣ ପାର୍ଶ୍ୱ ଆଡ଼େ ଚଳନ କରି ତାକୁ ହଠାତ୍ ସଙ୍କୋଚିତ କରାଗଲା । ପ୍ରାନ୍ତ ନିକଟର କୁଣ୍ଡଳୀଗୁଡ଼ିକ ସନ୍ନିହିତ କୁଣ୍ଡଳୀଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବେ (ଚିତ୍ର 130) । ଏହା ଦ୍ୱାରା ସଙ୍କୋଚନଟି ଏକ ସଙ୍କୋଚୀୟ ସ୍ପନ୍ଦନ ରୂପେ ସ୍ପ୍ରିଂ ଦେହରେ ଗତି

କରିବ । ସ୍ପନ୍ଦନର ବେଗ, ସ୍ପ୍ରିଂର ସ୍ଥିତି ସ୍ଥାପକ (Elastic) ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିବ । ସ୍ପ୍ରିଂର କୌଣସି ଅଂଶ ସନ୍ତୁଳନ ସ୍ଥାନରୁ ବେଶୀ ଦୂରକୁ ଯିବ ନାହିଁ; କିନ୍ତୁ ସ୍ପନ୍ଦନଟି ସ୍ପ୍ରିଂ ଦେହରେ ଅବିରତ ଗତି କରିବ ।

କମାନିର ପ୍ରାନ୍ତଟିକୁ ଏକ ସମାନ୍ତର ରେଖାରେ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀଗତିରେ ଚଳନ କଲେ ସେଥିରେ ଗୋଟିଏ ସନାଦୀ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଂଗ ପ୍ରେରଣ କରଯାଇ ପାରିବ । କମାନିର ପ୍ରାନ୍ତଟି ତା'ର ସାଧାରଣ ସ୍ଥିତିର ଡାହାଣ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିଲେ କମାନିଟି ସଂପୀଡ଼ିତ ହେବ; ପୁଣି ସାଧାରଣ ସ୍ଥିତିର ବାମ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିଲେ ସଂପ୍ରସାରିତ ହେବ । ଫଳରେ, ପ୍ରାନ୍ତଟି ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀଗତିରେ ଚାଳିତ ହେଉଥିବାବେଳେ, ଉତ୍ତରୋତ୍ତରରେ ସନାଦୀ ସଂପୀଡ଼ନଗୁଡ଼ିଏ ପୁଣି ସେଗୁଡ଼ିକର ଅନୁଗାମୀ ବିରଳନ ଗୁଡ଼ିଏ କମାନି ଦେଇ ଗତି କରିବ ।


(ଚିତ୍ର 131)

ମନେକର ଆମ୍ଭେ କମାନି ସ୍ଥାନରେ, ବାମପାର୍ଶ୍ୱ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଏକ ପିଷ୍ଟନ୍ ଥିବା ଗୋଟିଏ ବାୟୁପୂର୍ଣ୍ଣ ଲମ୍ବା ନଳୀ ରଖିବା । ନଳୀର ପ୍ରାନ୍ତ ନିକଟରେ ପିଷ୍ଟନ୍‌ଟିକୁ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀଗତି ପ୍ରଦାନ କଲେ, ସନାଦୀ ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ବିରଳନଗୁଡ଼ିଏ ନଳୀରେ ଗତି କରିବେ । ଏହି ରୂପେ କମ୍ପନ ଅବିରତ ଚାଲିଥିଲେ ଚିତ୍ର 131ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ଭଳି, ତରଙ୍ଗଟିଏ ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ଡାହାଣ ଦିଗରେ ଗତି କରିବ । ଚିତ୍ରରେ ଲାଗି ଲାଗି ରହିଥିବା ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ସଂପୀଡ଼ନ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରୁଛନ୍ତି; ପୁଣି ଛଡ଼ା ଛଡ଼ାରେ ଥିବା ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ବିରଳନ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରୁଛନ୍ତି ।

ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ କର୍ତ୍ତନ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ କରନ୍ତି ନାହିଁ; ସୁତରାଂ ସେଗୁଡ଼ିକ ଯେକୌଣସି ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ମାଧ୍ୟମରେ ସଂଚରିତ ହୋଇପାରିବେ । ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକରେ ବେଗ ଓ ମାଧ୍ୟମର ଗୁଣ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ସୂତ୍ରରେ ଦିଆଗଲା । ଯେକୌଣସି ପ୍ରବାହୀରେ କିମ୍ବା ସୂକ୍ଷ୍ମ ଦଣ୍ଡଭଳି ଏକମାତ୍ର ବିମିତି (Dimension) ଥିବା କଠିନ ପଦାର୍ଥ ସକାଶେ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ବେଗ—

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \ldots\ldots\ldots(12)$$

ଯେଉଁଥିରେ କି, E ହେଉଛି ମାଧ୍ୟମର ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ମାପାଙ୍କ, ପୁଣି ρ ହେଉଛି ତା'ର ସାନ୍ଦ୍ରତା । କୌଣସି ସୂକ୍ଷ୍ମ ଦଣ୍ଡ ସକାଶେ E ହେଉଛି ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ମାପାଙ୍କ; ପୁଣି କୌଣସି ପ୍ରବାହୀ ସକାଶେ E ହେଉଛି ତା'ର ସମଷ୍ଟୀୟ ମାପାଙ୍କ (Bulk modulus), B.

ତରଙ୍ଗ ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପନ ମାପ କରଯାଉଥିବାବେଳେ, ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ନିରୂପଣ କରିବା ସକାଶେ ସମୀକରଣ (8)ରୁ (10) ବ୍ୟବହାର କରଯାଇ ପାରିବ ।

ଉଦାହରଣ :

7·7 ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଲୁହା ଦଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ସଂପୀଡ଼ୀୟ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଲୁହା ସକାଶେ ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ମାପାଙ୍କ $19{\cdot}27\times10^{11}$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି: ।

$$v=\sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$E=19{\cdot}27\times10^{11}$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି:

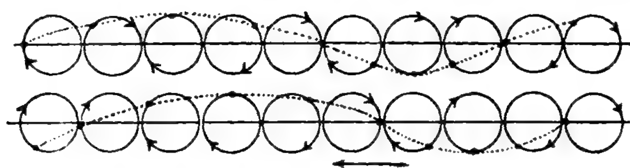
$\rho=7{\cdot}7$ ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି:

$$\therefore v=\sqrt{\frac{19{\cdot}27\times10^{11}}{7{\cdot}7}}$$

$=4876{\cdot}8$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ.

21.4 ଜଳତରଙ୍ଗମାଳା :

କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ଗତି ପୂରାପୂରି ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କିମ୍ବା ପୂରାପୂରି ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ନ ହୋଇ ସେ ଦୁଇଟିର ସମ୍ମିଳନ ହୋଇଥାଏ । ଏପରି ସ୍ଥଳରେ



(ଚିତ୍ର 132)

କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ଗତିପଥଟି ବୃତ୍ତାକାର କିମ୍ବା ଉପବୃତ୍ତୀୟ ହୋଇଥାଏ । କେତେକ ବିଶିଷ୍ଟ କଣିକାର ଗତିପଥ, ସେଗୁଡ଼ିକର ସ୍ଥାନ; ପୁଣି ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ସମୟରେ ତରଙ୍ଗର ଆକାର ଚିତ୍ର 132ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଗଭୀର ଜଳପୃଷ୍ଠର ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଏହି ପ୍ରକାରର ।

21.5 ତରଙ୍ଗର ଗୁଣ :

ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକୁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କଲେ ଆମେ ସେଗୁଡ଼ିକର ବିବିଧ ଲକ୍ଷଣ ଦେଖିବାକୁ ପାଉଁ । କୌଣସି ସମ ମାଧ୍ୟମରେ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବେଗରେ ଗତି କରନ୍ତି । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଆମେ ଯଦି ମାଧ୍ୟମର କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁ ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେବା, ତେବେ ଦେଖିବା ଯେ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ନିୟମିତ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ସେହି ବିନ୍ଦୁଦେଇ ଗତି କରୁଛନ୍ତି । ତରଙ୍ଗର ଗତିରେ ତରଙ୍ଗବେଗ, ଆବୃତ୍ତି, କଳା, ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ ପୁଣି ବିସ୍ତାର ପ୍ରଭୃତି କାରଣଗୁଡ଼ିକର ବିଶେଷ ଆଲୋଚନା କରିବାକୁ ହେବ । ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ଗୁଣ ଆମେ ଆଗରୁ ଆଲୋଚନା କରି ସାରିଛୁ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସଂକ୍ଷେପରେ ତାହା ଆଲୋଚନା କରିବା । କୌଣସି ତରଙ୍ଗ ଏକକ ସମୟରେ ଗତିକରିଥିବା ଦୂରତ୍ୱ ହେଉଛି ତା'ର ବେଗ । ଦୁଇ ପ୍ରକାର ତରଙ୍ଗର ବେଗ ସକାଶେ ଆମେ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ସାରିଛୁ । ଆମେ ଦେଖିଛୁ ଯେ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିବା ଯେ କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ନିଜ ନିଜର ସନ୍ତୁଳନ (ସାମ୍ୟ) ସ୍ଥାନଗୁଡ଼ିକ ଦେଇ ଗୋଟିଏ ପ୍ରକାରେ କମ୍ପନ କରନ୍ତି; କିନ୍ତୁ ସେଗୁଡିକ, ସେଗୁଡ଼ିକର ପଥରେ ଥିବା ଅନୁରୂପ ସ୍ଥାନଗୁଡ଼ିକରେ ବିଭିନ୍ନ ସମୟରେ ଯାଇ ପହଞ୍ଚନ୍ତି । କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ଆପେକ୍ଷିକ

ସ୍ଥାନଗୁଡ଼ିକ ସେଗୁଡ଼ିକର ଗତିର କଳା (Phase) ନିରୂପଣ କରନ୍ତି । ସମୀକରଣ (8)ରେ ସ୍ଥାନ (x) ପୁଣି ସମୟ (t)କୁ ଧରି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଥିବା କୋଣଦ୍ୱାରା କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ଆପେକ୍ଷିକ କଳା ପ୍ରକାଶିତ ହେଉଛି । ଏକକ ସମୟରେ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁ ଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ହେଉଛି ତରଙ୍ଗ ଗତିର ଆବୃତ୍ତି । ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରିବା ସକାଶେ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ସମୟକୁ ତରଙ୍ଗର କାଳ T କୁହାଯାଏ । ସମାନ କଳାରେ ଥିବା ଦୁଇଗୋଟି ସନ୍ନିହିତ କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ହେଉଛି ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ । କଣିକାର ସାମ୍ୟ ସ୍ଥାନରୁ ତାହାର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବିସ୍ଥାପନ ହେଉଛି ତରଙ୍ଗର ବିସ୍ତାର A । ତରଙ୍ଗମଧ୍ୟରେ ସମାନ କଳାରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ପୃଷ୍ଠକୁ ତରଙ୍ଗ ସାମୁଖ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟମରେ ସମସ୍ତ ଦିଗରେ ବେଗ ସମାନ ଥାଏ, ସେହି ମାଧ୍ୟମରେ ତରଙ୍ଗ ସାମୁଖ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ଗତିର ଦିଗ ସହିତ ସମକୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ।

ଗୋଟିଏ ମାଧ୍ୟମରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ମାଧ୍ୟମକୁ ତରଙ୍ଗ ଗତିକଲେ, ବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଆବୃତ୍ତି ସ୍ଥିର ରହିଥାଏ; କିନ୍ତୁ ବେଗ ଅନୁପାତରେ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ; ଅର୍ଥାତ v ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ, λ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ :

କୌଣସି ଏକ ଲୌହ ଦଣ୍ଡରେ 250 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତିର ଏକ ସଂପୀଡ଼ୀୟ ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇ ଦଣ୍ଡରୁ ବାୟୁକୁ ଗତି କଲା । ଲୌହରେ ତରଙ୍ଗର ବେଗ 4876·8 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ, ପୁଣି ବାୟୁରେ 335·28 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପଦାର୍ଥରେ ତରଙ୍ଗର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସ୍ଥିର କର ।

ଲୌହରେ

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{4876{\cdot}8 \text{ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ}}{250 \text{ କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ}} = 19{\cdot}507 \text{ ମିଟର ।}$$

ବାୟୁରେ

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{335{\cdot}28 \text{ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ}}{250 \text{ କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ}} = 1{\cdot}311 \text{ ମିଟର}$$

21.6 ତରଙ୍ଗର ସାଧାରଣ ଗଠ :

କୌଣସି ରଜ୍ଜୁରେ ଏକ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ଗତି କଲାବେଳେ ରଜ୍ଜୁର ଯେଉଁ ବିସ୍ଥାପନ ଘଟେ, ତାକୁ ଧରି ଆମେ ଏକ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଛୁ । କିନ୍ତୁ ତରଙ୍ଗଟି ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକାର ବେଗ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କରି ମଧ୍ୟ ଆମେ ସେହି ତରଙ୍ଗକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିପାରିବା । ଆଗରୁ ଦେଖିଛୁ ଯେ ବିସ୍ଥାପନ ଓ ପରିବେଗ ମଧ୍ୟରେ କଳା 90° ଥାଏ । ସୁତରାଂ ପରିବେଗ ତରଙ୍ଗ ଓ ବିସ୍ଥାପନ ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ କଳା 90° ରହିବ । ଯଦି ବିସ୍ଥାପନ-ତରଙ୍ଗ ଏକ ସାଇନ୍ ତରଙ୍ଗ ହୁଏ, ତେବେ ପରିବେଗ-ତରଙ୍ଗ ଏକ କୋସାଇନ୍ ତରଙ୍ଗ ହେବ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ ମାଧ୍ୟମର ଯେକୌଣସି ଗୁଣ ଆବର୍ତ୍ତୀରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିଲେ, ସେହି ଗୁଣକୁ ଧରି ତରଙ୍ଗକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରଯାଇ ପାରିବ । ଏହି ଗୁଣଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି, ବିସ୍ଥାପନ, ପରିବେଗ, ଚାପ, ସାନ୍ଦ୍ରତା, ପୁଣି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା । କୌଣସି ରଜ୍ଜୁରେ ତରଙ୍ଗ କେବଳ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ଗତି

କରୁଥାଏ । ସୁତରାଂ କୌଣସି ସମ ମାଧ୍ୟମରେ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ଗତିକରୁଥିବା ତରଙ୍ଗ ନିମ୍ନ ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ମଧ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କରଯାଇ ପାରିବ :

$$\Phi = A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x - vt) \quad ...(13)$$

(ଏଠାରେ Φ ହେଉଛି ମାଧ୍ୟମର ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଗୁଣ)

ତରଙ୍ଗ କେବଳ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ ପୁଣି ଶକ୍ତିର ଅପଚୟ (dissipation) ଘଟୁ ନ ଥିଲେ, ବିସ୍ତାର ସ୍ଥିର ଥାଏ; କିନ୍ତୁ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଉତ୍ସର ସମସ୍ତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ ବିସ୍ତାର ହ୍ରାସ ହୋଇଯାଏ; କାରଣ ଶକ୍ତି କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଅଧିକରୁ ଅଧିକ ଅଞ୍ଚଳରେ ସଞ୍ଚରିତ ହୁଏ ।

21.7 ଶକ୍ତିର ସଂଚରଣ :

କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିବା ଦିଗରେ ଶକ୍ତି ମଧ୍ୟ ଗତି କରୁଥାଏ । ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକା ତାହାର କମ୍ପନ ଶକ୍ତି ତା'ର ପରବର୍ତ୍ତୀ କଣିକାକୁ ବଢ଼ାଇଦିଏ ।

ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିରେ କମ୍ପନ କରୁଥିବା କଣିକାର ଶକ୍ତି ସ୍ଥିତିଜରୁ ଗତିଜକୁ ପୁଣି ଗତିଜରୁ ସ୍ଥିତିଜକୁ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ; କିନ୍ତୁ ମନ୍ଦନ (Damping) ନ ଥିଲେ ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି ସ୍ଥିର ଥାଏ । ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ହିସାବ କଲେ, ଏହି ସ୍ଥିର ଶକ୍ତିର ମୂଲ୍ୟ E ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇ ପାରିବ ।

$$E = \frac{1}{2} m \, (v_{\text{ସର୍ବୋଚ୍ଚ}})^2 = \tfrac{1}{2} m \left(\frac{2\pi A}{T} \right)^2$$

$$= \tfrac{1}{2} m \, (2\pi f A)^2 = 2\pi^2 m f^2 A^2 \quad ....(14)$$

ଏହି ସମୀକରଣରେ A ହେଉଛି କମ୍ପନର ବିସ୍ତାର, T ହେଉଛି କାଳ, f ହେଉଛି ଆବୃତ୍ତି, ପୁଣି m ହେଉଛି କମ୍ପନଶୀଳ କଣିକାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ।

କୌଣସି ମାଧ୍ୟମର ଏକକ ଆୟତନରେ ଥିବା କଣିକା ସଂଖ୍ୟା n ହେଲେ, ମାଧ୍ୟମର ଏକକ ଆୟତନରେ ଥିବା ଶକ୍ତି, ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକାର ଶକ୍ତିର n ଗୁଣ ହେବ ।

$$\frac{E}{V} = n . 2\pi^2 m f^2 A^2 \quad .... (15)$$

କିନ୍ତୁ ମାଧ୍ୟମର ସାନ୍ଦ୍ରତା $\rho = nm$.

ସୁତରାଂ $\dfrac{E}{V} = 2\pi^2 \rho f^2 A^2 \quad .... (16)$

ଏକକ ସମୟରେ, ତରଙ୍ଗର ଗତି ଦିଗ ପ୍ରତି ସମକୋଣରେ ଥିବା ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ଶକ୍ତିକୁ ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା I କୁହାଯାଏ । ଏକକ ସମୟରେ ଏହି କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ଶକ୍ତି, ଏକକ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ପୁଣି ତରଙ୍ଗର ବେଗ v ସହିତ ସଂଖ୍ୟାରେ ସମାନ ହେବା ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସିଲିଣ୍ଡରରେ ଥିବା ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ ।

ସମୀକରଣ (16)ରୁ

$$I = 2\pi^2 v \rho f^2 A^2 \quad .... (17)$$

ଏଥିରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ ତୀବ୍ରତା I, ବିସ୍ତାର Aର ବର୍ଗ ଓ ଆବୃତ୍ତି fର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ।

ଉଦାହରଣ :

ବାୟୁରେ ମାନକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ କୌଣସି ସଂପୀଡ଼ୀୟ ତରଙ୍ଗର ବେଗ 330 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ । 600 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁ ପରିମାଣର ଉତ୍ସ ସମାନରେ ସମସ୍ତ ଦିଗରେ 5·00 ଓ୍ବାଟ ହାରରେ ଶକ୍ତି ବିକିରଣ କରୁଛି । ଉତ୍ସଠାରୁ 20·0 ମିଟର ଦୂରତାଠାରେ ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା କେତେ ? ପୁଣି ସେଠାରେ ତରଙ୍ଗର ବିସ୍ତାର କେତେ ?

ଏକ ବିନ୍ଦୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଉତ୍ସଠାରୁ କୌଣସି ଏକ ସଂକେନ୍ଦ୍ରୀୟ ଗୋଲକାର (ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର) ପୃଷ୍ଠରେ ଶକ୍ତି ପ୍ରସାରିତ ହେଉଥିବା କ୍ଷେତ୍ରଫଳ$=4\pi r^2$

$$I=\frac{E}{t.A}=\frac{P}{A}=\frac{5\cdot0\ \text{ଓ୍ବାଟ୍}}{4\pi\times(20\cdot0\ \text{ମି:})^2}$$

$$=0\cdot99\times10^{-3}\ \text{ଓ୍ବାଟ୍/ମିଟର}^2\ ।$$

ବାୟୁରେ $\rho=1\cdot29$ ଗ୍ରାମ/ଲିଟର$=1\cdot29$ କି:ଗ୍ରା:/ଘନ ମିଟର ।

ସମୀକରଣ (17)ରୁ

$$A^2=\frac{I}{2\pi^2 v\rho f^2}$$

$$=\frac{0\cdot99\times10^{-3}\ \text{ଓ୍ବାଟ୍/ଘନ ମିଟର}}{2\pi^2\ (330\ \text{ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ})\ (1\cdot29\ \text{କି:ଗ୍ରା:/ମିଟର}^3)\ (600/\text{ସେକେଣ୍ଡ})^2}$$

$$=0\cdot33\times10^{-12}\ \text{ମିଟର}^2$$

$$\therefore\ A=0\cdot58\times10^{-6}\ \text{ମିଟର}=0\cdot58\times10^{-4}\ \text{ସେ:ମି:}$$

କୌଣସି ସମ ମାଧ୍ୟମରେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ପରିମାଣର ଉତ୍ସ ଠାରୁ ତରଙ୍ଗ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ, ଯେକୌଣସି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଏକ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ପୃଷ୍ଠ-ଦେଇ ଶକ୍ତି ଗତି କରୁଥାଏ । କିଛିକ୍ଷଣ ପରେ ସେହି ଶକ୍ତି ଏକ ବୃହତ୍ତର ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ପୃଷ୍ଠ ଦେଇ ଗତି କରୁଥାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟ ପୃଷ୍ଠଠାରେ ପ୍ରଥମ ପୃଷ୍ଠଠାରୁ ତୀବ୍ରତା (ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ଶକ୍ତି) କମ୍ । ଏକକ ସମୟରେ ଉଭୟ ପୃଷ୍ଠଠାରେ ସମୁଦାୟ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ସମାନ ଥିବାରୁ ତୀବ୍ରତା, କ୍ଷେତ୍ରଫଳର $4\pi^2$ ଗୁଣ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ଅଟେ ।

$$I=\frac{K_1}{4\pi r^2}=\frac{K_2}{r^2}\ ....(18)$$

ଏହି ସମୀକରଣ ପ୍ରକାଶ କରୁଛି ଯେ କୌଣସି କ୍ଷୁଦ୍ର ଉତ୍ସଠାରୁ ବାହାରିଥିବା ତରଙ୍ଗ ସମାନଭାବରେ ସମସ୍ତ ଦିଗରେ ଅପସାରିତ ହେଉଥିଲେ, ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା, ଉତ୍ସଠାରୁଥିବା ଦୂରତାର ବର୍ଗ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ଅଟେ ।

ବିନ୍ଦୁ ପରିମାଣର ଉତ୍ସ ସ୍ଥାନରେ ଏକ ରେଖା ପରିମାଣର ଉତ୍ସ ଥିଲେ ଏକ ସିଲିଣ୍ଡରାକୃତି ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଶକ୍ତି ପ୍ରସରିତ ହୁଏ । ଏଠାରେ ମଧ୍ୟ ଅଧିକରୁ କ୍ରମଶଃ ଅଧିକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ପୃଷ୍ଠଉପରେ ଶକ୍ତି ପ୍ରସରିତ ହୁଏ; ପୁଣି ତୀବ୍ରତା, କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $2\pi re$ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକରେ ରହେ ।

$$\therefore\ I=\frac{K_3}{2\pi re}=\frac{K^4}{r}\ ....(19)$$

ସିଲିଣ୍ଡରୀୟ ଅପସାରଣରେ ତୀବ୍ରତା ଦୂରତାର ପ୍ରଥମ ଘାତ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ଅଟେ ।

କୌଣସି ସମତଳ ଉତ୍ସ, ଉତ୍ସଠାରୁ ଦୂରତା ତୁଳନାରେ, ବଡ଼ ହୋଇଥିଲେ ଶକ୍ତି ବିସ୍ତାରିତ ହେଉଥିବା ପୃଷ୍ଠ ସମତଳ ହୋଇଥାଏ; ପୁଣି ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟ ସମାନ ହୋଇଥାଏ । ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ତୀବ୍ରତା ଦୂରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

କୌଣସି ବାସ୍ତବ ମାଧ୍ୟମରେ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ, ମାଧ୍ୟମ ଶକ୍ତି ଶୋଷଣ କରେ ଓ ଏହି ଶୋଷିତ ଶକ୍ତି ତାପରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ସୁତରାଂ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବୃଦ୍ଧି ଯୋଗୁଁ ତୀବ୍ରତା ଯେତେ ପରିମାଣରେ କମିବା କଥା, ତା' ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ଦ୍ରୁତରେ କମିଯାଏ, ଅବଶୋଷଣ ଯୋଗୁଁ ତୀବ୍ରତାର ହ୍ରାସକୁ ମନ୍ଦନ (Damping) କୁହାଯାଏ । ଏହି କାରଣରୁ ଯେଉଁ ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା କମିଯାଇଥାଏ, ତାକୁ ମନ୍ଦିତ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ ।

21.8 ତରଙ୍ଗମାଳାର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ :

କୌଣସି ଗୋଟିଏ ମାଧ୍ୟମରେ ଦୁଇ ବା ତତୋଽଧିକ ତରଙ୍ଗ ଏକ ସମୟରେ ଗତି କରୁଥିଲେ, ସେଥିରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକଟି, ଅନ୍ୟଗୁଡ଼ିକର ଉପସ୍ଥିତି ନ ଥିଲା ଭଳି ଗତି କରୁଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ସଂଚଳନରେ କୌଣସି ତରଙ୍ଗ ଅନ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ଉପରେ କୌଣସି ପ୍ରଭାବ ପକାଏ ନାହିଁ । ଦୁଇଗୋଟି ଏକ ପ୍ରକାରର ତରଙ୍ଗ ଏକ ସମୟରେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଯାଇ ପହଞ୍ଚିଲେ, ମାଧ୍ୟମର ବିସ୍ଥାପନ, ଉଭୟ ତରଙ୍ଗର ବିସ୍ଥାପନଗୁଡ଼ିକର ସମଷ୍ଟି ହେବ ।

ବିସ୍ଥାପନ ଦୁଇଟି ϕ_1 ଓ ϕ_2 ହେଲେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ $\phi=\phi_1+\phi_2$ ହେବ...(20)

ବିସ୍ତାର କ୍ଷୁଦ୍ର ପରିମାଣର ହୋଇଥିଲେ, କୌଣସି ରଜ୍ଜୁରେ ଗତି କରୁଥିବା ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରତି ସମୀକରଣ (20) ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହେବ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ସେହି ସର୍ତ୍ତରେ କୌଣସି କଠିନ ପଦାର୍ଥ ଅଥବା କୌଣସି ପ୍ରବାହୀରେ ଗତି କରୁଥିବା ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରତି ମଧ୍ୟ ସମୀକରଣ (20) ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହେବ । ଶୂନ୍ୟରେବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରତି ସମୀକରଣ (20) ପୂର୍ଣମାତ୍ରାରେ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ।

ଉଦାହରଣ :

ଏକା କଳାରେ କମ୍ପନ କରୁଥିବା B ଓ C ଦୁଇଟି ଉତ୍ସ ବିକିରଣ କରୁଥିବା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନ ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହେଉଛନ୍ତି ।

$y_B=(0{\cdot}50$ ସେ:ମି: $)$ $\text{Sin}\ [0{\cdot}20\pi\ (x-100t)]$

$y_C=(0{\cdot}30$ ସେ:ମି: $)$ $\text{Sin}\ [0{\cdot}40\pi\ (x-100t)]$

B ଠାରୁ 25 ସେ:ମି: ଓ C ଠାରୁ 15 ସେ:ମି: ଦୂରତାରେ ଥିବା ବିନ୍ଦୁ D ଠାରେ ସମ୍ମିଳିତ ତରଙ୍ଗର ବିସ୍ତାର ନିରୂପଣ କର ।

ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକରୁ

$\lambda_B=10$ ସେ:ମି: ଓ $\lambda_C=5{\cdot}0$ ସେ:ମି:

$\text{Sin}\ (a-b)=\text{Sin}\ a\ \text{Cos}\ b-\text{Cos}\ a\ \text{Sin}\ b$ ସମୀକରଣ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ଦୁଇଟି ନିମ୍ନରୂପେ ପ୍ରସାରଣ କରିପାରିବା ।

$y_B=(0{\cdot}50$ ସେ:ମି: $)$ $(\text{Sin}\ 0{\cdot}20\pi x\ \text{Cos}\ 20\pi t-\text{Cos}\ 0{\cdot}20\pi x\ \text{Sin}\ 20\pi t)$

y_C=(0·30 ସେ:ମି:) (Sin 0·40πx Cos 40πt—Cos 0·40πx Sin 40πt) ପ୍ରଦତ୍ତ ବିନ୍ଦୁ D ଠାରେ :

y_B=(0·50 ସେ:ମି:) (Sin 0·20π×25 Cos 20πt—Cos 0·20π× 25 Sin 20πt)

=(0·50 ସେ:ମି) (Sin 5π Cos 20πt—Cos 5π Sin 20πt)

=(0·50 ସେ:ମି:) (0—Cos 5π Sin 20πt)

=(0·50 ସେ:ମି:) Sin 20πt=(0·50 ସେ:ମି:) Sin 2πt.

y_C=(0·30 ସେ:ମି:) (Sin 6π Cos 40πt—Cos 6π Sin 40πt)

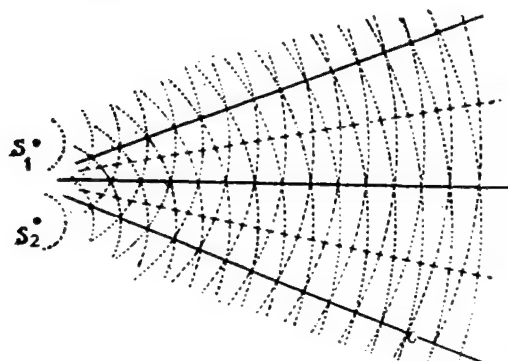
=—(0·30 ସେ:ମି:) Sin 40πt=—(0·30 ସେ:ମି:) Sin 2πt.

y =y_B+y_C=(0·50 ସେ:ମି:—0·30 ସେ:ମି:) Sin, 2πt.

ବିସ୍ତାରଟି ହେଉଛି yର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମୂଲ୍ୟ ।

A=y ସର୍ବୋଚ୍ଚ=0·50 ସେ:ମି:—0·30 ସେ:ମି:=0·20 ସେ:ମି:

ଉପରୋକ୍ତ ଉଦାହରଣରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ B ଠାରୁ D ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗତି କରିଥିବା ତରଙ୍ଗ 2·5 ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଗତି କରୁଛି; କିନ୍ତୁ C ଠାରୁ ତରଙ୍ଗଟି 3·0 ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଗତି କରୁଛି । D ଠାରେ ତରଙ୍ଗ ଦୁଇଟିର କଳାର ପ୍ରଭେଦ 0·5 ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅଟେ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ତାରଟି ବିସ୍ତାର ଦୁଇଟିର ବିୟୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ।



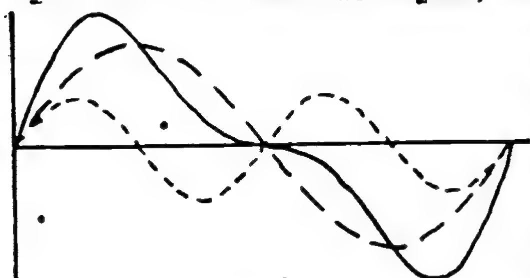
(ଚିତ୍ର 133)

ସମାନ କଳାରେ କମ୍ପନ କରୁଥିବା ଦୁଇଟି ଉତ୍ସ S_1 ଓ S_2ରୁ ଗତିକରୁଥିବା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ବିଷୟ ଆଲୋଚନା କରିବା । ଉତ୍ସ ଦୁଇଟିରୁ ଗତିକରୁଥିବା ତରଙ୍ଗ-ଗୁଡ଼ିକୁ ସମକେନ୍ଦ୍ରୀୟ ଗ୍ରୁପଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ କରାଯାଇଛି । (ଚିତ୍ର 133) । ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ଗ୍ରୁପ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ ଏକ ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ ରୂପେ କଳ୍ପନା କରାଯାଇଛି । ଯେକୌଣସି ଗ୍ରୁପସ୍ଥ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁର କଳା ସମାନ; କାରଣ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ଉତ୍ସଠାରୁ ସମଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ । ସୁତରାଂ ଗ୍ରୁପଗୁଡ଼ିକ ତରଙ୍ଗସାମ୍ମୁଖ୍ୟ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରୁଛନ୍ତି । ଉତ୍ସ ଦୁଇଟିର ତରଙ୍ଗସାମ୍ମୁଖ୍ୟ ପରସ୍ପରକୁ ଛେଦନ କରୁଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର କଳା ସମାନ ହେବ । ଅତଏବ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ତାର, ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ବିସ୍ତାରର ସମଷ୍ଟି ହେବ । S_1 ଓ S_2 ଠାରୁ ସମ ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଏପରି ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବିସ୍ତାର ହେବ । ମୋଟା ରେଖାଗୁଡ଼ିକରେ ଏପରି ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ଅବସ୍ଥିତ । ଖଣ୍ଡିତ ରେଖାଗୁଡ଼ିକରେ ଥିବା ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକଠାରେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ତାର ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ବିସ୍ତାରର ବିୟୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ।

ଦୁଇ ବା ତତୋଽଧିକ ତରଙ୍ଗର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ମିଳନକୁ ବ୍ୟତିକରଣ (Interference) କୁହାଯାଏ । ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ଏକ କଳାରେ ଆସି କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ ପହଞ୍ଚିଲେ, ସେଠାରେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ତାର, ବିସ୍ତାର ଦୁଇଟିର ଯୋଗଫଳ ହୁଏ; ପୁଣି ଏହି

ବ୍ୟତିକରଣକୁ ଗଠନମୂଳକ ବ୍ୟତିକରଣ କୁହାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ତରଙ୍ଗ ଦୁଇଟିର କଳାରେ ଅର୍ଦ୍ଧତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଅନ୍ତର ଥିଲେ, ପରିଣାମୀ ବିସ୍ତାର, ବିସ୍ତାର ଦୁଇଟିର ବିୟୋଗଫଳ ହୁଏ; ପୁଣି ବ୍ୟତିକରଣକୁ ଧ୍ୱଂସାତ୍ମକ ବ୍ୟତିକରଣ କୁହାଯାଏ । ବ୍ୟତିକରଣରେ ଶକ୍ତି ଧ୍ୱଂସାତ୍ମକ ବ୍ୟତିକରଣ ଅଞ୍ଚଳରୁ ଚାଲିଯାଇ ଗଠନମୂଳକ ବ୍ୟତିକରଣ ଅଞ୍ଚଳରେ ଦେଖାଦିଏ ।

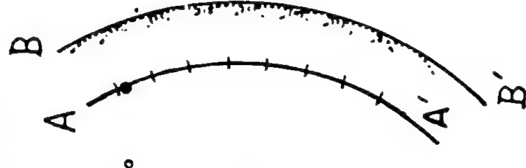
ବିଭିନ୍ନ ଆବୃତ୍ତିର ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ମଧ୍ୟ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ହୋଇପାରେ । ଏହିପରି ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ଏକ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ, ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଯେକୌଣସି ସମୟରେ ସେ ଦୁଇଟିର ବିସ୍ଥାପନର ସମ୍ମିଳନ ହୋଇପାରିବ । ଚିତ୍ର ନଂ 134 ରେ ଦୁଇଟି ସରଳ ସାଇନ୍ ତରଙ୍ଗ ଖଣ୍ଡିତ ରେଖା-ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନିତ ହୋଇଛନ୍ତି । ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି ଅନ୍ୟଟିର ଆବୃତ୍ତିର ଦୁଇଗୁଣ, କିନ୍ତୁ ତା'ର ବିସ୍ତାର ଅନ୍ୟଟିର ବିସ୍ତାରର ଅଧା । ଚିତ୍ରରେ ଅଖଣ୍ଡିତ ମୋଟା ରେଖାଟି ତରଙ୍ଗ ଦୁଇଟିର ସମ୍ମିଳିତ ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗ ଅଟେ । ଚିତ୍ରରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଅଖଣ୍ଡିତ ରେଖାର ବିସ୍ଥାପନ, ଖଣ୍ଡିତ ରେଖା ଦୁଇଟିର ବିସ୍ଥାପନର ସମଷ୍ଟି ।



(ଚିତ୍ର 134)

21.9 ହାଇଜେନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ :

ଯେକୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ତରଙ୍ଗ ସାମ୍ମୁଖ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ପର୍କ ରହୁଛି । କୌଣସି ଜ୍ଞାତବ୍ୟ ତରଙ୍ଗସାମ୍ମୁଖ୍ୟର ପରବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗସାମ୍ମୁଖ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ ଖ୍ରୀଷ୍ଟିୟାନ୍ ହାଇଜେନ୍ (1629—1695) ନାମକ ଜଣେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଏକ ଅଙ୍କନ ପ୍ରଣାଳୀ ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ । ତାହା ହାଇଜେନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ରୂପେ ପରିଚିତ । ନିୟମଟି ହେଉଛି—**କୌଣସି ତରଙ୍ଗ ସାମ୍ମୁଖ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁକୁ, ଅଗ୍ର ଦିଗରେ ତରଙ୍ଗିକା ପ୍ରେରଣ କରୁଥିବା ଏକ ନୂତନ ବିକ୍ଷୋଭର ଉତ୍ସ ରୂପେ ବିଚାର କରାଯାଇ ପାରିବ ।** ନୂତନ ତରଙ୍ଗସାମ୍ମୁଖ୍ୟ ହେଉଛି ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକର ବେଷ୍ଟନୀ । ଚିତ୍ର 135 ରେ ଏକ ସରଳ ଅଙ୍କନ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । AA' ଗୋଲୀୟ ଉତ୍ସ S ଠାରୁ ଗତି କରିଥିବା ଏକ ତରଙ୍ଗସାମ୍ମୁଖ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଛି । ସମୟ t ରେ ତରଙ୍ଗ ଯେତେଦୂର ଗତି କରିବ, ସେତିକି ଦୂରତାକୁ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନେଇ AA'ର ବିଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁପ୍ରତି ଗୋଲପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିଏ ଅଙ୍କନ କରାଯାଇଛି । ସମସ୍ତ ଅଞ୍ଚଳରେ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ସମାନ ବୋଲି କଳ୍ପନା କରି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ-ଗୁଡ଼ିକୁ ସମାନ ରଖାଯାଇଛି । ଏହି ଗୋଲପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି ତରଙ୍ଗିକା । ପୁଣି ସେଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତି ଟଣା ଯାଇଥିବା ସ୍ପର୍ଶକ ହେଉଛି ନୂତନ ତରଙ୍ଗସାମ୍ମୁଖ୍ୟ BB' ।



(ଚିତ୍ର 135)

ସାରାଂଶ

1. ତରଙ୍ଗ ହେଉଛି କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ଗତି କରୁଥିବା ବିକ୍ଷୋଭ ।

2. ତରଙ୍ଗ ଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତି ସଂଚରିତ ହୋଇପାରିବ ।

3. ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗରେ ମାଧ୍ୟମର କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିବା ଦିଗପ୍ରତି ସମକୋଣରେ କମ୍ପନ କରନ୍ତି ।

4. ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗରେ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରିବା ଦିଗ ସହିତ ସମାନ୍ତରରେ କମ୍ପନ କରନ୍ତି ।

5. ଏକକ ସମୟରେ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରିଥିବା ଦୂରତାକୁ ବେଗ କୁହାଯାଏ । ଏହି ବେଗ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରକାର ଓ ମାଧ୍ୟମର ଗୁଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । କୌଣସି ରଜ୍ଜୁରେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିଲେ,

$$v=\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

ପୁଣି ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ସଂପୀଡୀୟ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିଲେ,

$$v=\sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

6. କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ଦେଇ ଏକକ ସମୟରେ ଗତିକରିଥିବା ତରଙ୍ଗର ସଂଖ୍ୟାକୁ ଆବୃତ୍ତି f କୁହାଯାଏ ।

7. କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ଦେଇ ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗ ଗତିକରିବା ସମୟକୁ କାଳ, T କୁହାଯାଏ ।

$f=\frac{1}{T}$ ।

8. ଗୋଟିଏ କଳାରେ ଥିବା ଦୁଇଗୋଟି ସନ୍ନିହିତ କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତାକୁ ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ କୁହାଯାଏ ।

9. ଦୁଇଟି କଣିକାର ଗତି ଦିଗ ଓ ବିସ୍ଥାପନ ସମାନ ହୋଇଥିଲେ, ସେ ଦୁଇଟି ଏକା କଳାରେ ଥାନ୍ତି ।

10. ସମୟ t ଓ ଅବସ୍ଥାନ x ରେ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗ ସଂକାଶେ ବିସ୍ଥାପନ,

$$y=A\ \mathrm{Sin}\left(\frac{2\pi x}{\lambda}-\frac{2\pi t}{T}\right)=A\ \mathrm{Sin}\left(\frac{2\pi x}{\lambda}-2\pi ft\right)$$

$$=A\ \mathrm{Sin}\frac{2\pi}{\lambda}(x-vt)$$

11. ବେଗ v, ଆବୃତ୍ତି f ଓ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ହେଉଛି $v=f\lambda$ ।

12. ତରଙ୍ଗର ଗତି ଦିଗର ସମକୋଣରେ ଥିବା ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳବିଶିଷ୍ଟ ପୃଷ୍ଠ ଦେଇ ଏକକ ସମୟରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତିକୁ ତୀବ୍ରତା କୁହାଯାଏ । ତୀବ୍ରତା, ବିସ୍ତାରର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ।

$$I=2\pi^2 v\rho f^2 A^2$$

13. ଅବଶୋଷଣ ନ ଥାଇ କୌଣସି କ୍ଷୁଦ୍ର ଉତ୍ସରୁ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ସମାନଭାବରେ ସମସ୍ତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ, ତୀବ୍ରତା ଦୂରତାର ବର୍ଗ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ରହେ ।

14. କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ଦୁଇ ବା ତତୋଽଧିକ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରୁଥିଲେ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ତରଙ୍ଗ ଅନ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ନ ଥିବା ଭଳି ଗତି କରୁଥାଏ । ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଏକ ସମୟରେ ପହଞ୍ଚନ୍ତି, ସେହି ଅଞ୍ଚଳର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷଣରେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ ହେଉଛି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ବିସ୍ଥାପନର ଯୋଗଫଳ । ତରଙ୍ଗ-ଗୁଡ଼ିକର ଏହି ଅଧ୍ୟାରୋପଣକୁ ବ୍ୟତିକରଣ କୁହାଯାଏ । ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଏକ କଳାରେ ବା ପୂର୍ଣ୍ଣ ସଂଖ୍ୟକ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ତର କଳାରେ ପହଞ୍ଚିଲେ, ବ୍ୟତି-କରଣକୁ ଗଠନମୂଳକ ବ୍ୟତିକରଣ କୁହାଯାଏ । ଏଠାରେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ତାର ଗୁଡ଼ିକର ଯୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ହୋଇଥାଏ । ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଅର୍ଦ୍ଧ ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ତରର କଳାରେ ପହଞ୍ଚିଲେ ବ୍ୟତିକରଣକୁ ଧ୍ୱଂସାତ୍ମକ ବ୍ୟତିକରଣ କୁହାଯାଏ; ପୁଣି ଏଠାରେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ତାର ବିଭିନ୍ନ ବିସ୍ତାରଗୁଡ଼ିକର ବିୟୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ହୋଇଥାଏ ।

15. ହାଇଗେନ୍ସଙ୍କ ନିୟମ ହେଉଛି —

କୌଣସି ତରଙ୍ଗସାମ୍ମୁଖ୍ୟରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁକୁ ଅଗ୍ର ଦିଗରେ ତରଙ୍ଗିକା ପ୍ରେରଣ କରୁଥିବା ଏକ ନୂତନ ବିକ୍ଷୋଭର ଉତ୍ସରୂପେ ଗଣନା କରଯାଇପାରେ । ଏହି ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରସରଣର ପୂର୍ବ ସୂଚନା ଗଣନ କରିହେବ ।

ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ଓ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିବା ସକାଶେ ସରଳ ପରୀକ୍ଷା ବର୍ଣ୍ଣନ କର । ପ୍ରତ୍ୟେକ ତରଙ୍ଗ କିପରି ଗଠିତ ହୋଇଛି ?

2. କୌଣସି ଗହମ କ୍ଷେତ୍ରଦେଇ ବହୁଥିବା ପବନ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ତରଙ୍ଗ ଗୁଡ଼ିଏ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ । ତରଙ୍ଗଗୁଡିକର ଗତି ଓ ଶସ୍ୟକେଣ୍ଡା ଗୁଡିକର ଶିଖର ଗୁଡିକର ଗତି ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

3. ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗର ବ୍ୟତିକରଣ ଘଟିଲେ, ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗ ଅନ୍ୟଟିର ଗତିରେ ବାଧା ଦିଏ କି ? ଏହା ବୁଝାଅ ।

4. ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଆଲୋଚନାରେ କଳ୍ପନା କରଯାଉଛି ଯେ ମାଧ୍ୟମର କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀଗତିରେ କମ୍ପନ କରୁଛନ୍ତି । ଯଦି କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀଗତିରେ କମ୍ପନ ନ କରନ୍ତି, ତେବେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରକାରର ତରଙ୍ଗର ସ୍ଥିତି ରହି ପାରିବ କି ?

5. 6·0 ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 2·0 ନିଉଟନ୍ ଓଜନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ରଜ୍ଜୁ ଭୂଲମ୍ବରେ ଝୁଲି 8·0 କି:ଗ୍ରା:ର ଭର ବହନ କରିଛି । ରଜ୍ଜୁଟିରେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ନିରୂପଣ କର । (ଉ: 48·5/ସେକେଣ୍ଡ)

6. ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା ଦଣ୍ଡରେ ସଂପୀଡ଼ୀୟ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ତମ୍ବାର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା = 8·9 । (ଉ: $1{\cdot}07 \times 10^4$ ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

7. ଗୋଟିଏ ପିଆନୋ ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 2·5 ଫୁଟ । ତାରଟିର ଓଜନ 6·0 ଆଉନ୍ସ ! ତାରଟି 1000 ପାଉଣ୍ଡର ବଳଦ୍ୱାରା ଟଣାହୋଇ ରହିଥିଲେ ସେଥିରୁ ଜାତ ହେବା ଏକ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ବେଗ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉ: 460 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

8. କୌଣସି ରଜ୍ଜୁରେ ଗତି କରୁଥିବା ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ସମୀକରଣ ହେଉଛି, $y=10 \sin\pi (0{\cdot}010x - 2{\cdot}00t)$ । ଏଥିରେ x ଓ y ସେ:ମି:ରେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇଛି, ପୁଣି t ସେକେଣ୍ଡରେ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇଛି । ତରଙ୍ଗର ବିସ୍ତାର, ଆବୃତ୍ତି, ବେଗ ଓ ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ ହିସାବ କର ।

(ଉ: 10 ସେ:ମି:; 1·0/ସେକେଣ୍ଡ; 200 ସେ:ମି/ସେକେଣ୍ଡ; 200 ସେ:ମି:)

9. କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁଠାରୁ ଗତି କରୁଥିବା ଦୁଇଗୋଟି ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି ହେଉଛି 20·0 ଓ 30·0/ସେକେଣ୍ଡ । 0·75 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ତରଙ୍ଗ ଦୁଇଟି କଳାରେ କେତେ ପାର୍ଥକ୍ୟରେ ରହିବେ ? (ଉ: 180°)

10. କୌଣସି ଏକ ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି 13·0/ସେକେଣ୍ଡ ପୁଣି ବିସ୍ତାର 2·0 ଇଞ୍ଚ । ମାଧ୍ୟମର କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ଗତି ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବୋଲି କଳ୍ପନା କରି, କଣିକାଟିଏ ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବାର 0·33 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ତାହାର ବିସ୍ଥାପନ ଓ ବେଗ ହିସାବ କର । (ଉ: 1·9 ଇଞ୍ଚ; 40 ଇଞ୍ଚ/ସେକେଣ୍ଡ)

11. ଜଳର ସମତାପୀୟ ସମଷ୍ଟୀୟ ମାପାଙ୍କ $2{\cdot}14\times10^{10}$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି:, ଜଳରେ ଗୋଟିଏ ସଂପୀଡ଼ୀୟ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ଗଣନ କର । 400/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସଂପୀଡ଼ୀୟ ତରଙ୍ଗର ଜଳରେ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ?

(ଉ: $1{\cdot}46\times10^5$ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ; 365 ସେ:ମି:)

12. ବାୟୁର ମାନକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ 300/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତିବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସଂପୀଡ଼ୀୟ ତରଙ୍ଗ 331 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ବାୟୁରେ ଗତି କରୁଛି । ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା $1{\cdot}0\times10^{-10}$ ଓ୍ୱାଟ୍/ସେ:ମି:^{2} ହେଲେ କମ୍ପନର ବିସ୍ତାର କେତେ ? (ଉ: $3{\cdot}6\times10^{-6}$ ସେ:ମି:)

13. ପ୍ରତ୍ୟେକର 540/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତି ଥିବା ଦୁଇଗୋଟି ତରଙ୍ଗ 330 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ଗତି କରୁଛନ୍ତି । ଉତ୍ସ ଦୁଇଟି ସମାନ କଳାରେ ଥିଲେ, ଗୋଟିଏ ଉତ୍ସଠାରୁ 4·40 ମି: ଦୂରତା ଓ ଅନ୍ୟ ଉତ୍ସଠାରୁ 4·0 ମି: ଦୂରତାରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ତରଙ୍ଗ ଦୁଇଟିର କଳା ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ତର କେତେ ?

(ଉ: 236°)

ଦ୍ୱାବିଂଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ପତ୍ତି

Production of Sound

ତାପଭଳି ଧ୍ୱନି ମଧ୍ୟ ଏକ ପ୍ରକାର ଶକ୍ତି । ଏହି ଶକ୍ତି ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର ଶ୍ରବଣେନ୍ଦ୍ରିୟକୁ ଉତ୍ତେଜିତ (Excite) କରଇଲେ ଆମ୍ଭେମାନେ ଧ୍ୱନି ଶୁଣିପାରୁଁ ।

ବସ୍ତୁର କମ୍ପନ ଯୋଗୁଁ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହୁଏ । ବସ୍ତୁର କମ୍ପନ ବନ୍ଦ ହୋଇଗଲେ ଧ୍ୱନି ମଧ୍ୟ ଲୋପ ପାଇଯାଏ । ଘଣ୍ଟି ବଜାଇଲେ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ଧ୍ୱନି ଜାତ ହେବା ସମୟରେ ଘଣ୍ଟିଟିର ଧାର (Rim)କୁ ଲକ୍ଷ୍ୟକଲେ ଦେଖିବ ଯେ ଘଣ୍ଟିଟି କ୍ଷିପ୍ରଗତିରେ କମ୍ପିତ ହେଉଅଛି । ସମସ୍ୱରଣ କଣ୍ଟା (Tuning fork)କୁ ଧରି ରବର ହାତୁଡ଼ିରେ ବାଡ଼େଇଲେ କ୍ଷୀଣ ଧ୍ୱନି ଶୁଣାଯିବ । ସେହି ସମୟରେ ତା'ର ପ୍ରାନ୍ତ (Prong) ଦୁଇଟିକୁ ଦେଖିଲେ ଜଣାଯିବ ଯେ, ସେ ଦୁଇଟି କ୍ଷିପ୍ର ଗତିରେ କମ୍ପିତ ହେଉଛି । କମ୍ପିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଘଣ୍ଟିଟିକୁ କିମ୍ବା ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କଟିକୁ ଛୁଇଁଲେ ତାହାର କମ୍ପନ ଅନୁଭୂତ ହୋଇପାରିବ; କିନ୍ତୁ ଘଣ୍ଟିଟିକୁ କିମ୍ବା ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଟିକୁ ଯଦି ହାତରେ ଧରି ପକାଇବ ତାହାହେଲେ କମ୍ପନ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବନ୍ଦ ହୋଇଯିବ ଓ ସେଥି ସଙ୍ଗେ ଧ୍ୱନି ମଧ୍ୟ ଲୋପ ପାଇଯିବ । ସେହିପରି କୌଣସି ଧାତୁନିର୍ମିତ ପାତ୍ରକୁ ବାଡ଼େଇଲେ ତହିଁରୁ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହୁଏ, ମାତ୍ର ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଧରି ପକାଇଲେ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଧ୍ୱନି ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । ଗୋଟିଏ ହୁଇସିଲ୍ (Whistle) କିମ୍ବା ଆରଗାନ୍ ପାଇପ୍ (Organ pipe)କୁ ପାଟିରେ ଧରି ଫୁଙ୍କିଲେ ତହିଁମଧ୍ୟର ବାୟୁସ୍ତମ୍ଭ ପ୍ରକମ୍ପିତ ହୁଏ; ପୁଣି ଏହି କମ୍ପନ ଯୋଗୁଁ ତହିଁରୁ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ଏ ସମସ୍ତ ଘଟଣାରୁ ଅନୁମିତ ହୁଏ ଯେ, କୌଣସି ବସ୍ତୁର କ୍ଷିପ୍ର ପ୍ରକମ୍ପନ ଯୋଗୁଁ ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରକମ୍ପିତ ବସ୍ତୁର କମ୍ପନ ତାହାର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ସଞ୍ଚାରିତ ହୁଏ । ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଏହି କମ୍ପନ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗକୁ ପରିଚାଳିତ ହୁଏ । ବାୟୁରେ ପରିଚାଳିତ ହୋଇଥିବା କମ୍ପନ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର କର୍ଣ୍ଣପଟହ (Ear drum)କୁ ଛୁଇଁଲାମାତ୍ରେ ତାହା ତଦନୁରୂପେ ପ୍ରକମ୍ପିତ ହୁଏ । କର୍ଣ୍ଣପଟହର ଏହି କମ୍ପନ ଶ୍ରବଣ ସ୍ନାୟୁ ଦେଇ ମସ୍ତିଷ୍କର ଶ୍ରବଣ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଯାଇ ପହଞ୍ଚେ । ତାହାହେଲେ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର ମସ୍ତିଷ୍କରେ ଶ୍ରବଣର ଧାରଣା ଜନ୍ମେ । ସୁତରାଂ ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ପତ୍ତି ଓ ପରିବହନ ଏକ ଭୌତିକ ଘଟଣା, କିନ୍ତୁ ଧ୍ୱନି ଧାରଣା ଏକ ଶାରୀରିକ କିମ୍ବା ମନସ୍ତାତ୍ତ୍ୱିକ ଘଟଣା ଅଟେ ।

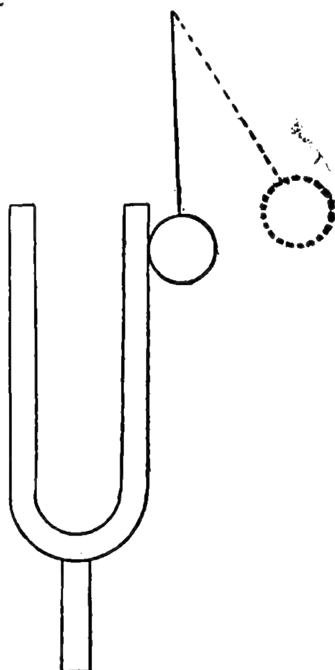
ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା ବସ୍ତୁର କମ୍ପନ ସେକେଣ୍ଡକୁ ପ୍ରାୟ 20 ଥରରୁ କମ୍ ହେଲେ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର ମସ୍ତିଷ୍କରେ ଶ୍ରବଣର ଧାରଣା ହୁଏ ନାହିଁ । ସେହିପରି ବସ୍ତୁର କମ୍ପନ ଅତି ମାତ୍ରାରେ ଦ୍ରୁତ ହେଲେ, ଅର୍ଥାତ୍ ସେକେଣ୍ଡକୁ 20,000ରୁ ଅଧିକ ହେଲେ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କୁ ଧ୍ୱନି ଶୁଣାଯାଏ ନାହିଁ । ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ କେବଳ 20ରୁ 20,000 ଥରର କମ୍ପନ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର ମସ୍ତିଷ୍କରେ ଧ୍ୱନିର ଧାରଣା ଜନ୍ମାଇଥାଏ ।

ବସ୍ତୁର କ୍ଷିପ୍ର କମ୍ପନ ଯୋଗୁଁ ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୁଏ । ଏହାର ସତ୍ୟତା ନିମ୍ନ ପରୀକ୍ଷାରୁ ପ୍ରମାଣିତ କରଯାଇପାରିବ ।

ପରୀକ୍ଷା :

1. ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ ନେଇ ରବର ହାତୁଡ଼ିରେ ବାଡ଼େଇଲେ ତାହାର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ (Prongs) ପ୍ରକମ୍ପିତ ହେବ; ପୁଣି ଚହିଁରୁ ଏକ କ୍ଷୀଣ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହେବ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ ନେଇ ସୂତାରେ ଝୁଲା ହୋଇଥିବା ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ହାଲୁକା ସୋଲ ବଲ୍ (Ball) ପାଖକୁ ନିଅ । ଫୋର୍କର କୌଣସି ଏକ ପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ବଲ୍‌କୁ ଛୁଆଁଇଲା ମାତ୍ରେ ଦେଖିବ ଯେ ବଲ୍‌ଟି ଆଉ ସ୍ଥିର ନ ରହି ଏପାଖ ସେପାଖ ହୋଇ ଡେଉଁଛି । ଏଥିରୁ ପ୍ରମାଣିତ ହୁଏ ଯେ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ପ୍ରାନ୍ତ ଦୁଇଟି କ୍ଷିପ୍ରବେଗରେ କମ୍ପିତ ହେଉଅଛି ।

2. ଗୋଟିଏ ବିକରକୁ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ କର । ଏକ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ ରବର ହାତୁଡ଼ିରେ ବାଡ଼େଇ ଧର । ଏକ କ୍ଷୀଣ ଧ୍ୱନି ଶୁଣାଯିବ । ଏବେ ଫୋର୍କର ବେଣ୍ଟ (Handle)କୁ ଧରି ପ୍ରାନ୍ତ ଦୁଇଟିକୁ ବିକରସ୍ଥ ଜଳପୃଷ୍ଠ ନିକଟକୁ ନିଅ । ଦେଖିବ, ପ୍ରାନ୍ତ ଦୁଇଟି ଜଳ ପୃଷ୍ଠକୁ ଛୁଇଁବା ମାତ୍ରେ ପୃଷ୍ଠର ଜଳ କ୍ଷିପ୍ରଗତିରେ ଛିଟିକି ଯାଇ ପଦାରେ ପଡୁଛି । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ପ୍ରାନ୍ତ ଦୁଇଟି ପ୍ରକମ୍ପିତ ହେଉଛି ।



(ଚିତ୍ର 136)

22.1 ଧ୍ୱନିର ପ୍ରସରଣ (Propagation of Sound) :

କେବଳ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ ଯେ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରସରଣ ଘଟେ, ତାହା ନୁହେଁ । ଯେକୌଣସି ସମ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଭୌତିକ ମାଧ୍ୟମ (Hemogeneous material medium) ଧ୍ୱନିକୁ ପ୍ରସରଣ କରେ । ଏହି ମାଧ୍ୟମ ଯେକୌଣସି କଠିନ, ତରଳ କିମ୍ବା ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥ ହୋଇପାରେ । ମାଧ୍ୟମ ବିନା ଧ୍ୱନିର ଗତି ଅସମ୍ଭବ । ଶୂନ୍ୟ (Vacuum) ମଧ୍ୟରେ ଧ୍ୱନି ଗତି କରିପାରେ ନାହିଁ । ଧ୍ୱନିର ପରିବହନ ସକାଶେ ତାହାର ଉତ୍ପତ୍ତିସ୍ଥଳ ଠାରୁ ଏକ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ (Continuous) ମାଧ୍ୟମ ଆବଶ୍ୟକ । ସାଧାରଣତଃ ବାୟୁ ଏକ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ମାଧ୍ୟମ ରୂପେ ଧ୍ୱନି ପ୍ରସରଣ କରେ । ଧ୍ୱନିର ପ୍ରସରଣ ସକାଶେ କୌଣସି ବାସ୍ତବ ମାଧ୍ୟମ ଯେ ଏକାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ତାହା ନିମ୍ନ ପରୀକ୍ଷାରୁ ପ୍ରମାଣିତ ହେବ ।

ପରୀକ୍ଷା : ଗୋଟିଏ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଘଣ୍ଟି ବେଲଜାର ମଧ୍ୟରେ ଝୁଲାଇ ରଖି ବେଲ୍‌ଜାରଟି ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ପମ୍ପର ପଟା (Bed plate) ଉପରେ ରଖ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ କରି ଘଣ୍ଟିଟିକୁ ବଜାଅ । ଘଣ୍ଟିଟିର ଧ୍ୱନି ପରିଷ୍କାର ଶୁଣି ପାରିବ । ଏବେ ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ବେଲ୍‌ଜାର ମଧ୍ୟରୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ କର । ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ କରିବାଦ୍ୱାରା ଘଣ୍ଟିର ଧ୍ୱନି ମଧ୍ୟ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ କ୍ଷୀଣ ହୋଇ ପରିଶେଷରେ ଆଦୌ ଶୁଣାଯିବ ନାହିଁ, ଅଥଚ ଘଣ୍ଟିର ହାତୁଡ଼ି (Hammer) ଘଣ୍ଟିଟିକୁ ନିୟମିତ ରୂପେ ପ୍ରହାର କରୁଥିବା ସ୍ପଷ୍ଟଭାବେ ଦେଖାଯାଉଥିବ । ଏବେ ବେଲ୍‌ଜାର ମଧ୍ୟକୁ ପୁନର୍ବାର ବାୟୁ

ପ୍ରବେଶ କରାଇଲେ ଘଣ୍ଟିଟିର ଧ୍ୱନି ପୂର୍ବପରି ଶୁଣାଯିବ । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ଶୂନ୍ୟରେ ଧ୍ୱନି ଗତି କରିପାରେ ନାହିଁ ।

ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥ ଅପେକ୍ଷା ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ବେଶୀ; ପୁଣି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଅପେକ୍ଷା କଠିନ ପଦାର୍ଥରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ଆହୁରି ବେଶୀ । ଏହି କାରଣରୁ ଜଳରେ ବୁଡ଼ି ରହିଥିବାବେଳେ ଆମ୍ଭେମାନେ ଅତି ସହଜରେ ଜଳ ଭିତରର ଏବଂ ଜଳ ବାହାରର ଧ୍ୱନି ଶୁଣିପାରୁଁ । ସେହିପରି ରେଲଲାଇନ୍ (Rail)କୁ ଲଗାଇ କାନ ରଖିଲେ ଦୂରରୁ ଆସୁଥିବା ରେଲଗାଡ଼ିର ଧ୍ୱନି ମଧ୍ୟ ଶୁଣି ହୁଏ ।

22.2 ଧ୍ୱନିର ବେଗ :

ମେଘୁଆ ଆକାଶରେ ଆମ୍ଭେମାନେ ପ୍ରଥମେ ବିଜୁଳିର ଜ୍ୟୋତି ଦେଖୁଁ । ପୁଣି ତାହାର କିଛି ସମୟ ପରେ ଘଡ଼ଘଡ଼ିର ଶବ୍ଦ ଶୁଣିଥାଉଁ । କାରଣ ବିଜୁଳିର ଚମକ ଓ ଘଡ଼ଘଡ଼ିର ଶବ୍ଦ ଏକାବେଳେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥିଲେହେଁ ଆଲୋକର ବେଗ ଖୁବ୍ ବେଶୀ ହୋଇଥିବାରୁ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କୁ ପ୍ରଥମେ ବିଜୁଳି ଆଲୋକ ଦେଖାଯାଏ । ଧ୍ୱନିର ବେଗ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଯଥେଷ୍ଟ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ଘଡ଼ଘଡ଼ି ଶବ୍ଦ କିଛି ସମୟ ପରେ ଶୁଣାଯାଏ ।

ସେହିପରି ଦୂରରୁ ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟିଲେ ଆମ୍ଭେମାନେ ପ୍ରଥମେ ବନ୍ଧୁକ ମୁହଁରୁ ବାହାରୁଥିବା ଧୂଆଁ ଦେଖୁଁ ଏବଂ ତାହାର କିଛି ସମୟ ପରେ ବନ୍ଧୁକ ଗଳି ଫୁଟିବାର ଶବ୍ଦ ଶୁଣିଥାଉଁ । ଏହି ଘଟଣାଟି ମଧ୍ୟ ଉପରୋକ୍ତ କାରଣରୁ ହୋଇଥାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ଦୁଇଟି ଘଟଣାରୁ ଆମ୍ଭେମାନେ ନିଶ୍ଚିତ ରୂପେ କହିପାରିବା ଯେ ଧ୍ୱନି ଗତି କଲାବେଳେ ସମୟ ନେଇ ଗତି କରେ । ଅବଶ୍ୟ ଆଲୋକର ଗତି ସକାଶେ ମଧ୍ୟ ସମୟ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ କୌଣସି ଦୂରତା ଅତିକ୍ରମ କରିବାକୁ ଧ୍ୱନି ତୁଳନାରେ ଆଲୋକ ଯଥେଷ୍ଟ କମ୍ ସମୟ ନିଏ । ଆଲୋକ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ 1,86,000 ମାଇଲ ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନି ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ମାତ୍ର 332 ମିଟର ବା 1100 ଫୁଟ ଗତି କରେ । ବିବିଧ ମାଧ୍ୟମରେ 0°C (32°F) ତାପମାତ୍ରାରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

ମାଧ୍ୟମ	ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ	
	ଫୁଟରେ	ମିଟରରେ
ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ୍	846	258·0
ଅମ୍ଳଜାନ ଗ୍ୟାସ୍	1,041	317
ବାୟୁ	1,087	331·5
ଉଦ୍‌ଜାନ ଗ୍ୟାସ୍	4,167	1,270
ଜଳ	4,757	1,450
ତମ୍ବା	11,480	3,500
କାଚ	18,050	5,500
ଲୁହା	16,730	5,100

କୌଣସି ବସ୍ତୁ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ସମାନ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ପୁନଃ ପୁନଃ ପ୍ରକମ୍ପିତ ହେଲେ ବସ୍ତୁଟିର ସେହି ଅବସ୍ଥାକୁ କମ୍ପନ (Vibration) କୁହାଯାଏ । ସରଳ ଦୋଳକର (Simple pendulum) ଦୋଳନ ଏହାର ଉଦାହରଣ । ସରଳ ଦୋଳକ ସମ୍ପାଦନ କରୁଥିବା ଦୋଳନକୁ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତି (Simple Harmonic motion) କୁହାଯାଏ ।

ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁଟି ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟାର ଦୋଳନ (Oscillation) ସମ୍ପାଦନ କରେ, ସେହି ସଂଖ୍ୟାକୁ ଆବୃତ୍ତି (Frequency) କୁହାଯାଏ ।

ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସକାଶେ ବସ୍ତୁଟି ଦରକାର କରୁଥିବା ସମୟକୁ ତା'ର ଦୋଳନ କାଳ (Period of Vibration), T କୁହାଯାଏ; ଅର୍ଥାତ୍ ଦୋଳକ ବସ୍ତୁ ଥରେ ଏକ ପ୍ରାନ୍ତରୁ ଠିକ୍ ବିପରୀତ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଯାଇ ପୁନଶ୍ଚ ବିପରୀତ ପ୍ରାନ୍ତରୁ ଠିକ୍ ପୂର୍ବ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଫେରିବା ସକାଶେ ଯେତିକି ସମୟ ନିଏ, ସେହି ସମୟକୁ ତାହାର ଦୋଳନ କାଳ (Period of Vibration) କୁହାଯାଏ ।

ମନେକର T ସମୟରେ ବସ୍ତୁଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସମ୍ପାଦନ କରେ ।

1 ସେକେଣ୍ଡରେ ବସ୍ତୁଟି $\frac{1}{T}$ ସଂଖ୍ୟାର ଦୋଳନ ସମ୍ପାଦନ କରେ । ଏହାର ମୂଲ୍ୟ

n ହେଲେ $n=\frac{1}{T}$

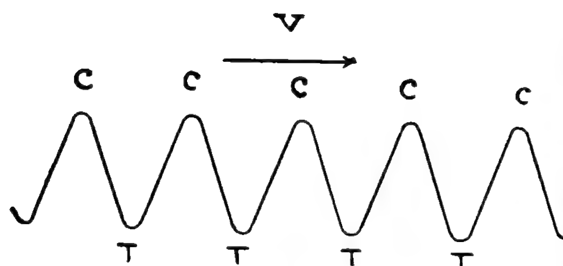
$\therefore$ ଆବୃତ୍ତି$=n$

ଦୋଳକ ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିରବସ୍ଥାନଠାରୁ ଏକପ୍ରାନ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବିସ୍ଥାପନ (Displacement)କୁ ତାହାର ଦୋଳନ=ବିସ୍ତାର (Amplitude of vibration) କୁହାଯାଏ ।

ତରଙ୍ଗର ପ୍ରକାର ଭେଦ

22.3 ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗମାଳା (Transverse waves) :

ସ୍ଥିର ଜଳପୃଷ୍ଠରେ ତରଙ୍ଗମାଳାର ଉତ୍ପତ୍ତି ବିଷୟ ଆଗରୁ କୁହାଯାଇଛି । ଜଳପୃଷ୍ଠରେ ଗୋଟିଏ ମାତ୍ର ଢେଲା ପକାଇଲେ ଅଳ୍ପ କେତେଗୋଟି ତରଙ୍ଗର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଜଳପୃଷ୍ଠକୁ ଯଦି ସମାନ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ କ୍ରମାଗତରେ ଆଘାତ ଦିଆଯାଏ, ତେବେ ଦେଖାଯିବ ଯେ ଜଳପୃଷ୍ଠରେ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଅନେକ ତରଙ୍ଗମାଳା ସୃଷ୍ଟ ହୋଇ କୂଳ ଆଡ଼କୁ ଆଗେଇ ଆସୁଛି । ସୁତରାଂ କୌଣସି ମାଧ୍ୟମର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଠାରେ କଣାଗୁଡ଼ିକର ଦୋଳନ ଯୋଗୁଁ ତରଙ୍ଗମାଳାର ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ; ପୁଣି ଏହି ତରଙ୍ଗମାଳାର ପ୍ରସରଣ ଯୋଗୁଁ କାଳକ୍ରମେ ମାଧ୍ୟମର ସମସ୍ତ କଣା ସ୍ୱ ସ୍ୱ ସ୍ଥିରବସ୍ଥାନ ଦେଇ ଦୋଳନ କରିଥାନ୍ତି ; କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଜଳପୃଷ୍ଠ ଉପରକୁ ଉଠୁଛିତ ପୁଣି ତଳକୁ ପଡ଼ି ଯାଉଛି । କୌଣସି କ୍ଷଣରେ ଜଳପୃଷ୍ଠର ତରଙ୍ଗମାଳା ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟିଦେଲେ ଦେଖାଯିବ ଯେ ଜଳପୃଷ୍ଠ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଏକାନ୍ତର (Alternate) ଭାବେ ଶିଖର (Crest) ଓ ଦ୍ରୋଣୀ (Trough) ଗୁଡ଼ିଏ ସୃଷ୍ଟି କରି ଲାଗିଛି ।



(ଚିତ୍ର 137)

ଯେକୌଣସି ଦୁଇଟି କ୍ରମାନ୍ୱୟ (Consecutive) ଶିଖର କିମ୍ବା ଦ୍ରୋଣୀ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ସମାନ । ଗୋଟିଏ ଶିଖର ଓ ତାହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଶିଖର କିମ୍ବା ଗୋଟିଏ ଦ୍ରୋଣୀ ଓ ତାହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଦ୍ରୋଣୀ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା (ତରଙ୍ଗର ଗତି ଦିଗରେ ମାପ କରଯାଇ ଥିବା) ଦୂରତାକୁ ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ (Wave length) କୁହାଯାଏ (ଚିତ୍ର 137) । ଏହି ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ ସାଧାରଣତଃ ଗ୍ରୀକ୍ ଅକ୍ଷର λ (ଲେମଡ଼ା) ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ କରଯାଏ । ଜଳରେ ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା ଏ ପ୍ରକାର ତରଙ୍ଗମାଳାକୁ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗମାଳା କହନ୍ତି; କାରଣ ଏଥିରେ ମାଧ୍ୟମର କଣାଗୁଡ଼ିକର କମ୍ପନ ଦିଗ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସରଣ ଦିଗ ସହିତ ସମକୋଣ ଉତ୍ପାଦନ କରେ ଅର୍ଥାତ୍ ମାଧ୍ୟମ କଣାର ବିସ୍ଥାପନ ତରଙ୍ଗ ଗତି ଦିଗ ସହିତ ଅଭିଲମ୍ବ ହୋଇ ରହେ ।

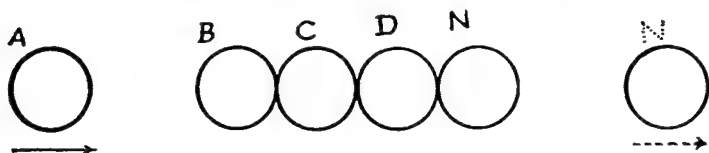
22.4 ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗମାଳା (Longitudinal waves) :

ମାଧ୍ୟମ କଣାଗୁଡ଼ିକ ତରଙ୍ଗର ଗତି ଦିଗରେ ଦୋଳନ ସୃଷ୍ଟି କଲେ ଯେଉଁ ତରଙ୍ଗ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତାକୁ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ । ମାଧ୍ୟମର କୌଣସି କଣା ଆଘାତ ପାଇଲାମାତ୍ରେ ବିସ୍ଥାପିତ ହୋଇ ଦୋଳନ ସୃଷ୍ଟିକରେ । ଏହି ଦୋଳନ କ୍ରିୟା ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣାକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଏଠାରେ କଣାଗୁଡ଼ିକର ବିସ୍ଥାପନର ଦିଗ ତରଙ୍ଗ ଗତିର ଦିଗ ସହ ସମାନ୍ତର (Parallel) ହୋଇଥିବାରୁ ତରଙ୍ଗର ଆକାର ଭିନ୍ନ ଧରଣର ହୋଇଥାଏ । ଏଥିରେ ମାଧ୍ୟମରେ ଶିଖର ଓ ଦ୍ରୋଣୀ ନ ଥାଏ; ତା ପରିବର୍ତ୍ତେ ଥାଏ ସଙ୍କୋଚନ ବା ସମ୍ପୀଡ଼ନ (Compression or condensation) ଓ ବିରଳନ (Rarefaction) । ସଙ୍କୋଚନ ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ଥାଏ, ସେଠାରେ ମାଧ୍ୟମର କଣାଗୁଡ଼ିକ ସାଧାରଣ ଅବସ୍ଥା ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ନିକଟରେ ରହିଥାନ୍ତି । ପୁଣି ବିରଳନ ଅବସ୍ଥାରେ ମାଧ୍ୟମର କଣାଗୁଡ଼ିକ ସାଧାରଣ ଅବସ୍ଥା ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ଦୂରରେ ରହିଥାନ୍ତି । ସଙ୍କୋଚନ ଓ ବିରଳନ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଏକାନ୍ତର ଭାବେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଅନ୍ତି; କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କଣାଗୁଡ଼ିଏ ସାଧାରଣ ଅବସ୍ଥାରେ ମଧ୍ୟ ରହିଥାଏ । ଏହି ଆକାରର ତରଙ୍ଗ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ରୂପେ ମାଧ୍ୟମରେ ଗତି କରିଥାଏ ।

22.5 ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ଗଢ଼ ପରୀକ୍ଷା :

A,B,C.. ପ୍ରଭୃତି ମାର୍ବଲ୍ ଗୁଳିଗୁଡ଼ିଏ ନେଇ ଟେବୁଲ ଉପରେ ଧାଡ଼ିକରି ରଖ, ଯେପରିକି ସେଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରୁଥିବେ । ବର୍ତ୍ତମାନ A ଗୁଳିକୁ କିଛିଦୂର ଟାଣି-ଆଣି ଧାଡ଼ି ସିଧାରେ B ଗୁଳିକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରି ମାରିଲେ ଦେଖିବ, ଧାଡ଼ି ଶେଷରେ ଥିବା ଗୁଳିଟି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ କିଛି ଦୂରରେ ଫିଙ୍ଗିହୋଇ ଯାଇ ପଡ଼ୁଛି (ଚିତ୍ର 138) । ଏଥିରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ ପ୍ରଥମ ଗୁଳିଟି ଧାଡ଼ିର ପ୍ରଥମ ମୁଣ୍ଡରେ ଦେଇଥିବା ଧକ୍କା ଯୋଗୁ ଯେଉଁ ସମ୍ପୀଡ଼ନର ଉତ୍ପତ୍ତି ହେଲା, ତାହା ଧାଡ଼ିସାରା ଧାଡ଼ିର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗୁଳି ତାହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ

ଗୁଳିକୁ ଧକ୍କା ଦେବାଦ୍ୱାରା ପରିଚାଳିତ ହେଲା । କିନ୍ତୁ ଶେଷଗୁଳିର ପୂର୍ବଟି ଯେତେବେଳେ ଶେଷ ଗୁଳିଟିକୁ ଧକ୍କା ଦେଲା, ଶେଷ ଗୁଳିଟି ଦୂରକୁ ଫିଙ୍ଗି ହୋଇଗଲା । କାରଣ ଶେଷ ଗୁଳିର ଅପର ପାର୍ଶ୍ୱ ଶୂନ୍ୟ । ପ୍ରଥମ ଗୁଳିକୁ ଦିଆଯାଇଥିବା ଶକ୍ତି ଧାଡିର ଗୁଳିସମୂହର

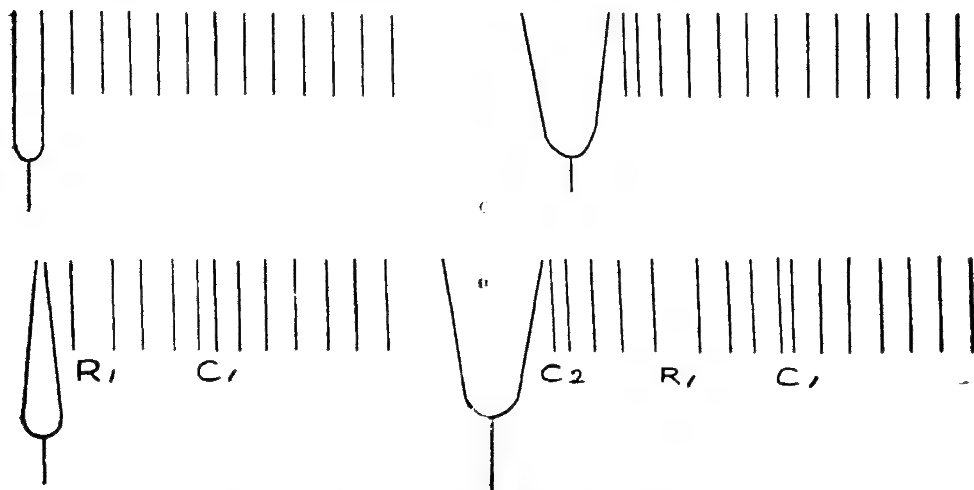


(ଚିତ୍ର 138)

ମାଧ୍ୟମରେ ଶେଷ ଗୁଳିକୁ ପରିଚାଳିତ ହେଲା । ଶକ୍ତି କିପରି ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥାନକୁ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ମାଧ୍ୟମର କଣାଗୁଡିକଦ୍ୱାରା ହସ୍ତାନ୍ତରିତ ହୋଇ ପରିଚାଳିତ ହେଉଛି—ଏହା ତା'ର ଗୋଟିଏ ଜ୍ୱଳନ୍ତ ନିଦର୍ଶନ । ସେହିପରି ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ସାହାଯ୍ୟରେ ଧ୍ୱନି ଶକ୍ତି ମାଧ୍ୟମର ଏକ କଣିକାରୁ ଅନ୍ୟ କଣିକାକୁ ହସ୍ତାନ୍ତରିତ ଓ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ ।

22.6 ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିତରଙ୍ଗର ଗତି :

ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଦୋଳନ ବସ୍ତୁଟିର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ବାୟୁରେ ପ୍ରଥମେ ସଙ୍କୋଚନ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ତା'ପରେ ସଙ୍କୋଚନ ଓ ବିରଳନ ଅବସ୍ଥା ଏକାନ୍ତରରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବେଗରେ ଗତି କରନ୍ତି । ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ଦୋଳନକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଯାଉ (ଚିତ୍ର 139) । ଫୋର୍କର ପ୍ରାନ୍ତଦ୍ୱୟ ଯେତେବେଳେ ଚରମସୀମାକୁ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଅନ୍ତି, ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ବାୟୁରେ ଗୋଟିଏ



(ଚିତ୍ର 139)

ସଙ୍କୋଚନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ପୁଣି ପ୍ରାନ୍ତଦ୍ୱୟ ନିକଟତମ ସ୍ଥାନକୁ ଆସିଗଲେ ଗୋଟିଏ ବିରଳନର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବାୟୁ ଏକ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ପଦାର୍ଥ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ସଙ୍କୋଚନ ଓ ବିରଳନ-ଗୁଡିକୁ ପରବର୍ତ୍ତୀ ବାୟୁସ୍ତରକ୍ରମରେ ଗ୍ରହଣ କରିନିଅନ୍ତି । ଫଳରେ ଧ୍ୱନିଶକ୍ତି ବାୟୁ

ମାଧ୍ୟମରେ ଗତି କରେ । ଏହିରୂପେ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗରୂପେ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରସରିତ ହୁଏ । ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ସଙ୍କୋଚନ ଓ ତାହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ସଙ୍କୋଚନ (C_1C_2) କିମ୍ବା ଗୋଟିଏ ବିରଳନ ଓ ତାହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ବିରଳନ ମଧ୍ୟରେ (ପ୍ରସରଣ ଦିଗରେ) ଦୂରତା ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ λ ଅଟେ । ଯେଉଁ ସମୟରେ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କ ଗୋଟିଏ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସମ୍ପାଦନ କରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଯେଉଁ ସମୟରେ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ ଫୋର୍କ କ୍ରମାଗତଭାବେ ଦୁଇଟି ସଙ୍କୋଚନ ସୃଷ୍ଟି କରେ, ସେହି ସମୟ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ଦୋଳନକାଳ, T; ଅଥଚ ଏହି ସମୟ Tରେ ଫୋର୍କ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ବାୟୁରେ ଘାତ C_1C_2 ଦୂରତା ଗତି କରିଥାଏ । ଯଦି ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ଗତି V ହୁଏ, ତେବେ $\lambda = V \times T$ ।

ବା $V = \lambda/T = n \times \lambda$ (ଏଠାରେ n ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ଆବୃତ୍ତି (Frequency) ।

22.7 ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ (Progressive Waves) :

ଉଭୟ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଓ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ମାଧ୍ୟମରେ ସମୟାନୁସାରେ ଦୂରକୁ ଦୂରକୁ ଆଗେଇ ଯାଉଥିଲେ ସେମାନଙ୍କୁ ଅଗ୍ରଗାମୀ ବା ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ ।

ଅଗ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗର ଲକ୍ଷଣ :

1. ମାଧ୍ୟମସ୍ଥ କଣାଗୁଡ଼ିକର ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର (Amplitude) ସମାନ ରହିଥାଏ ।

2. ମାଧ୍ୟମସ୍ଥ ଯେକୌଣସି କଣାର ଦୋଳନର ପାଦ (Step) ତାହାର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଅନ୍ୟ ଯେକୌଣସି କଣାର ଦୋଳନର ପାଦ ସହିତ ସମାନ ନ ଥାଏ । କାରଣ ଦ୍ୱିତୀୟ କଣାଟିର ଦୋଳନ ପ୍ରଥମ କଣାର ଦୋଳନର କିଛିକ୍ଷଣ ପରେ ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ । ଦୋଳନରେ ଦ୍ୱିତୀୟ କଣାଟି ପ୍ରଥମ କଣାର ପଛରେ ବରାବର ପଡି ରହିଥାଏ, କାରଣ ସମସ୍ତ କଣାର କଳା (Phase) ସମାନ ନ ଥାଏ । ଏହି କାରଣରୁ ପ୍ରଥମ କଣାଟି ଚରମ ସୀମା (Extreme position)ରେ ପହଞ୍ଚିବାର କିଛିକ୍ଷଣ ପରେ ଦ୍ୱିତୀୟ କଣାଟି ଯାଇ ଚରମ ସୀମାରେ ପହଞ୍ଚେ । ଏହି ସମୟର ବ୍ୟବଧାନରେ ଏହି ଦୁଇ କଣାର ଅନ୍ତଃସ୍ଥ କଣାଗୁଡିକ ପୂର୍ବାପର ଅନୁସାରେ ସେମାନଙ୍କର ଚରମ ସୀମାରେ ପହଞ୍ଚନ୍ତି ! କଣାଗୁଡିକର ଏହି ପ୍ରକାର ଦୋଳନ ଯୋଗୁଁ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରଥମ କଣାରୁ ଦ୍ୱିତୀୟ କଣା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗୋଟିଏ ଶିଖର (ବା ସଙ୍କୋଚନ) ଗତି କଲାଭଳି ଦେଖାଯାଏ ।

22·8 ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳା (Stationary waves) :

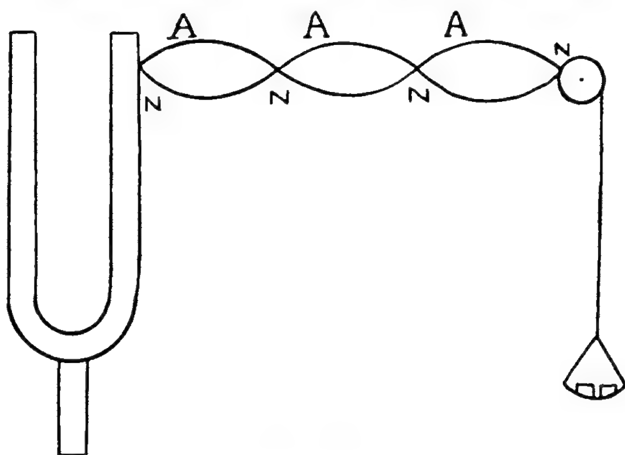
କୌଣସି ଗତିଶୀଳ ତରଙ୍ଗମାଳା ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହେଲେ କିମ୍ବା ତାହାର ଗତିରୋଧ ହେଲେ ତରଙ୍ଗମାଳାଟି ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ । ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗମାଳାଟି ସମାନ ଚରମ ସୀମା ଓ ଆବୃତ୍ତିବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ୟ ଏକ ତରଙ୍ଗମାଳାରୂପେ ସେହି ମାଧ୍ୟମରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରେ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରଥମ ତରଙ୍ଗମାଳାର ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ଏହି ତରଙ୍ଗମାଳାର ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ ସମାନ ରହିଥାଏ ।

ଅତଏବ ମାଧ୍ୟମରେ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ବିପରୀତ ଦିଗରେ ସମାନ ବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ଦୁଇଗୋଟି ତରଙ୍ଗମାଳା ରହିଥାଏ । ଏହି ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗମାଳାର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ (Superposition) ଯୋଗୁଁ ମାଧ୍ୟମର କଣାଗୁଡିକରେ ଏକ ସମୟରେ ଦୁଇ ପ୍ରକାରର

ଦୋଳନ ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାଫଳରେ କଣାଗୁଡ଼ିକର ପରିଣାମୀ ଦୋଳନ (Resultant vibration) ମାଧ୍ୟମର ପୂର୍ବ ତରଙ୍ଗର ଆକାରକୁ ପରିଷ୍କାରଭାବେ ବଦଳାଇ ଦିଏ । ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ତରଙ୍ଗମାଳାକୁ ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳା କୁହାଯାଏ ।

ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳାର ଉତ୍ପତ୍ତି ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇ ପାରିବ —

ପରୀକ୍ଷା : ପ୍ରାୟ ଦେଢ଼ ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଗୋଟିଏ ସରୁ ସୂତାର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡକୁ ଗୋଟିଏ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାଳିତ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ଏକ ପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ବାନ୍ଧି ରଖ । ସୂତାଟିକୁ ଗୋଟିଏ କପିକଳ (Pulley) ଉପରେ ନେଇ ତାହାର ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡରୁ ଗୋଟିଏ ହାଲୁକା ପଲ୍ଲ ଝୁଲାଅ । ପଲ୍ଲଟି ମଲଟରେ ତିଆରି ହୋଇଥିଲେ ଭଲ (ଚିତ୍ର 140) । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଫୋର୍କଟିକୁ ଦୋଳିତ କରାଅ । ପଲ୍ଲଟିରେ ଉପଯୁକ୍ତ



(ଚିତ୍ର 140)

ପରିମାଣର ଛୋଟ ଛୋଟ ବଟକରା ପକାଇଲେ ଦେଖିବ, ସୂତାଟି ଆପେ ଆପେ ନିଜର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ କେତେ ସଂଖ୍ୟାର ଫାଶ (Loop)ରେ ବିଭକ୍ତ କରି ଦୋଳନ କରୁଛି ।

ଏହାର କାରଣ କଅଣ ହୋଇପାରେ ? ଏଠାରେ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ଦୋଳନ ସୂତାଟିରେ ତରଙ୍ଗମାଳା ସୃଷ୍ଟି କରୁଛି । ଏହି ତରଙ୍ଗମାଳା ସୂତାରେ କପିକଳ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଛି । କିନ୍ତୁ କପିକଳଠାରେ ତରଙ୍ଗମାଳା ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ସୂତାରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଛି । ଏହିପରି ସୂତାଟିରେ ଏକ ସମୟରେ ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗମାଳା ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଛି । ଅତଏବ ସୂତାର ଯେଉଁ ପରିଣାମୀ ଦୋଳନ ଦେଖାଯାଏ, ତାହା ଏକ ସ୍ଥିର ଦୋଳନ (Stationary vibration) । ଏହି ପ୍ରକାରର ଦୋଳନରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଲକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକ ଦେଖାଯାଏ ।

(1) ସୂତାର N ଚିହ୍ନିତ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ସମଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହି ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକର ବିସ୍ଥାପନ ନ ଥାଏ ଏବଂ ଏଗୁଡ଼ିକ ସବୁବେଳେ ସ୍ଥିର । ଏଗୁଡ଼ିକୁ ନିଷ୍ପନ୍ଦ (Node) କୁହାଯାଏ ।

(2) ଦୁଇଟି ନିଷ୍ପନ୍ଦର ଠିକ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବିନ୍ଦୁ A ଠାରେ ଦୋଳନର ବିସ୍ତାର (Amplitude) ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଥାଏ । ଏହି ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକୁ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ (Antinode) କୁହାଯାଏ ।

କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ନିଷ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ସହିତ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଦୂରତା ସମାନ । ବେଳେବେଳେ ଏହି ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ଫାଶର ଦୈର୍ଘ୍ୟ (Length of a loop), l କୁହାଯାଏ ।

(3) ନିଷ୍ପନ୍ଦଠାରୁ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦୋଳନର ବିସ୍ତାର (Amplitude) ଏକ ସର୍ବନିମ୍ନ ମୂଲ୍ୟରୁ ଏକ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମୂଲ୍ୟକୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

(4) ଗୋଟିଏ ଫାଶରେ (ଗୋଟିଏ ନିଷ୍ପନ୍ଦଠାରୁ ପରବର୍ତ୍ତୀ ନିଷ୍ପନ୍ଦ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ). ଅବସ୍ଥିତ ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ଏକ ସମୟରେ ଯାଇ ସ୍ୱ ସ୍ୱ ଚରମ ସୀମାରେ ପହଞ୍ଚନ୍ତି କିମ୍ବା ଏକ ସମୟରେ ସ୍ୱ ସ୍ୱ ସ୍ଥିରବସ୍ଥାନ ଦେଇ ଗତି କରନ୍ତି । ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରଦୋଳନ ଠିକ୍ ସମତାଳରେ ହୁଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣା ସମତାଳରେ ଦୋଳନ ସୃଷ୍ଟି କରନ୍ତି ।

(5) ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗମାଳା ଆଗେଇଲା ଭଳି ଦେଖା ନ ଯାଇ ସ୍ଥିର ଥିବା ଭଳି ଦେଖାଗଲେ ଉକ୍ତ ତରଙ୍ଗମାଳାକୁ ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳା କୁହାଯାଏ । ଏହା ଶିଖର ବା ଦ୍ରୋଣୀ ମାଧ୍ୟମର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ଅଟକିଗଲା ପରି ଜଣାପଡ଼େ । (ଯଦି ସୂତାରେ ଗତି କରୁଥିବା ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ ଅଗ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗମାଳାର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ ଧରଯିବ, ତେବେ କ୍ରମାଗତରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ନିଷ୍ପନ୍ଦ କିମ୍ବା ଦୁଇଟି ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଦୂରତା $\frac{\lambda}{2}$ ବୋଲି ପ୍ରମାଣ କରଯାଇ ପାରିବ) ।

ସୁତରାଂ ଗୋଟିଏ ନିଷ୍ପନ୍ଦ ଓ ପରବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା $\frac{\lambda}{4}$ ହେବ ।

ଉଭୟ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଓ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗମାଳାରେ ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳାର ସୃଷ୍ଟି ହୋଇପାରିବ ଓ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିବା ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳାରେ ଉପରୋକ୍ତ ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକ ପରିଲକ୍ଷିତ ହେବ ।

ଉଦାହରଣ :

ବାୟୁରେ କୌଣସି ଧ୍ୱନି ସ୍ୱରର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ 16·764 ମିଟର ହେଲେ ଅମ୍ଳଜାନରେ ତାହାର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ହେବ, ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ=335·28 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ପୁଣି ଅମ୍ଳଜାନରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ=316·99 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ।

ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନି ବେଗ=335·28 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ
ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ=16·764 ମିଟର
$V = n \cdot \lambda$ ସୂତ୍ରରୁ
ଧ୍ୱନିର ଆବୃତ୍ତି (Frequency)
$n = \frac{V}{\lambda} = \frac{335{\cdot}28}{16{\cdot}764} = 20$ । ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଅମ୍ଳଜାନରେ ପ୍ରବେଶ କଲେ ତାହାର ଆବୃତ୍ତି ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । କିନ୍ତୁ ତାହାର ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅମ୍ଳଜାନରେ ବଦଳିଯାଏ ।

ଅମ୍ଳଜାନରେ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି=20
ଅମ୍ଳଜାନରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ=316·99 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ
ପୁନର୍ବାର $V=n\lambda$ ସୂତ୍ରରୁ

ଅମ୍ଳଜାନରେ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ, $\lambda=\frac{V}{n}=\frac{316\cdot99 \text{ ମିଟର}}{20}=15\cdot85$ ମିଟର

ସାରାଂଶ

1. ବସ୍ତୁର କ୍ଷିପ୍ର କମ୍ପନ ଯୋଗୁଁ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହୁଏ । ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ ନେଇ ସୂତାରେ ଝୁଲ ହୋଇଥିବା ଗୋଟିଏ ପିଥ୍‌ବଲ୍‌ଂ ନିକଟକୁ ନେଇ ଫୋର୍କର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତ ବଲ୍‌କୁ ଛୁଆଁଇଲ ମାତ୍ରେ ବଲ୍‌ଟି ସ୍ଥିର ନ ରହି ଏପାଖ ସେପାଖ ହୋଇ ଡେଉଁଛି ।

2. ଶୂନ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଧ୍ୱନି ଗତି କରିପାରେ ନାହିଁ । ଧ୍ୱନିର ସଞ୍ଚରଣ ସକାଶେ ଏକ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ମାଧ୍ୟମ ଆବଶ୍ୟକ । ଗୋଟିଏ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଘଣ୍ଟି ନେଇ ବାୟୁ ନିଷାସନ ପମ୍ପର ବେଲ୍‌ଜାରରେ ରଖି ସେଥିରୁ ବାୟୁ ବାହାର କରିଦେଲେ ଘଣ୍ଟିର ଧ୍ୱନି ଶୁଣାଯାଏ ନାହିଁ ।

3. ଧ୍ୱନିର ଗତି ସକାଶେ ସମୟ ଦରକାର ହୁଏ । ମେଘୁଆ ଆକାଶରେ ପ୍ରଥମେ ବିଜୁଳି ଜ୍ୟୋତି ଦେଖାଯାଏ; ତାହାର କିଛି ସମୟ ପରେ ଘଡ଼ଘଡ଼ି ଶବ୍ଦ ଶୁଣାଯାଏ ।

4. ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରସରଣ ତରଙ୍ଗ ଆକାରରେ ଘଟିଥାଏ । ବାୟୁରେ ଗତିକରୁଥିବା ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ (Longitudinal wave)

5· ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ କମ୍ପନୀୟ ବସ୍ତୁ ସଂପାଦନ କରୁଥିବା ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟାକୁ ତାହାର ଆବୃତ୍ତି (Frequency) କୁହାଯାଏ ।

6. ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗରେ ମାଧ୍ୟମର କଣାଗୁଡ଼ିକ ତରଙ୍ଗର ଗତି ଦିଗ୍‌ରେ ଦୋଳନ ସୃଷ୍ଟି କରନ୍ତି ।

7. ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗରେ ମାଧ୍ୟମର କଣାଗୁଡ଼ିକର ଦୋଳନ ଦିଗ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସରଣ ଦିଗ ସହିତ ସମକୋଣ ଉତ୍ପାଦନ କରିଥାଏ !

8. ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ—ଯେଉଁ ତରଙ୍ଗମାଳା ମାଧ୍ୟମରେ ସମୟାନୁସାରେ ଦୂରକୁ ଦୂରକୁ ଆଗେଇ ଯାଉଥାଏ, ସେଗୁଡ଼ିକୁ ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ ।

9. ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳା—କୌଣସି ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗମାଳା ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହେଲେ କିମ୍ବା ତାହାର ଗତିରୋଧ ହେଲେ ତରଙ୍ଗମାଳା ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ । ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗମାଳା ସେହି ମାଧ୍ୟମରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରେ ! ଏହି ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗମାଳାର ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗମାଳାକୁ ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳା କୁହାଯାଏ ।

10. ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗର ସୂତ୍ର, $V=n\lambda$, ଏହି ସୂତ୍ରରେ 'V' ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ; 'n' ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି ଓ 'λ' ମାଧ୍ୟମରେ ଧ୍ୱନିର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା ବସ୍ତୁ ପ୍ରତି ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ : (a) ଆବୃତ୍ତି (Frequency) (b) ଦୋଳନ (Vibration) (c) ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର (Amplitude) । ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା କୌଣସି ବସ୍ତୁ 4 ସେକେଣ୍ଡରେ 100 ଦୋଳନ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରେ । ବସ୍ତୁଟିର ଦୋଳନ ସମୟ ଓ ଆବୃତ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
[ଉ: (1) $\frac{1}{25}$ ସେକେଣ୍ଡ (2) 25]

2. (a) ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ (Transverse) ଓ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ (Lonigtudinal) ତରଙ୍ଗ (b) ପ୍ରଗାମୀ (Progressive) ଓ ଅଗ୍ରଗାମୀ (Stationary) ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନି କି ରୂପେ ପ୍ରସରିତ ହୁଏ, ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

3. $V = n\lambda$ ସମୀକରଣର ନିଗମନ କର । କୌଣସି ବସ୍ତୁରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନିର ଆବୃତ୍ତି 256 । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ 129 ସେ: ମି: ହେଲେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 330·24 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ)

4. ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କଦ୍ୱାରା ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନିର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବାୟୁରେ 4 ଫୁଟ ଓ ଜଳରେ 16 ଫୁଟ । ଯଦି ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 1120 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ଜଳରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: 4480 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

5. କାଚରେ କୌଣସି ଧ୍ୱନିର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ 15 ସେ.ମି: । ସେହି ଧ୍ୱନି ଯଦି ବାୟୁରେ ପ୍ରବେଶ କରେ, ତେବେ ବାୟୁରେ ତାହାର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ହେବ ? (ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 330 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ, କାଚରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 5100 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ।) (ଉ: 0·97 ସେ:ମି:)

6. (a) ଶୂନ୍ୟ (Vacuum)ରେ ଧ୍ୱନି ଗତି କରିପାରେ ନାହିଁ ବୋଲି ଦର୍ଶାଇବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।
(b) ଘଡ଼ଘଡ଼ିର ଶବ୍ଦ ଶୁଣିବା ପୂର୍ବରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରଭା ଦେଖାଯାଏ । ଏହି ଘଟଣାର କାରଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

7. ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନି କି ରୂପେ ପ୍ରସରିତ (Propagated) ହୁଏ, ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

8. ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଓ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ କହିଲେ କଅଣ ବୁଝାଯାଏ ? ବାୟୁରେ ଗତି କରୁଥିବା ଧ୍ୱନି-ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ନା ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ? କାରଣ ସହ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

9. ଗୋଟିଏ ହୁଇସିଲ୍‌ରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନିର ଦୋଳନାଙ୍କ 500 । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 1120 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ହୁଇସିଲ୍‌ରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନିର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 2·24 ଫୁଟ)

10. ଦୁଇଟି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ ହାତୁଡ଼ିରେ ବାଡ଼େଇ ଦୁଇ ହାତରେ ଧରଗଲା । ଫୋର୍କ ଦୁଇଟିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନିର ଦୋଳନାଙ୍କ ଯଥାକ୍ରମେ 384 ଓ 480 ହେଲେ ଦୁଇଟି ଧ୍ୱନିର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ ତୁଳନା କର । (ଉ: 5:4)

ଦ୍ୱାବିଂଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର

Musical Sound

ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ଧ୍ୱନିକୁ ଦୁଇଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରଯାଇପାରେ; ଯଥା—ରବ (Noise) ଓ ସଙ୍ଗୀତ (Music) ।

କୌଣସି ବସ୍ତୁରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନି ଯଦି ନିୟମିତ (Regular) ଓ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଭବେ କିଛି ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଶୁଣାଯିବ, ସେହି ଧ୍ୱନି ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ରୂପେ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କୁ ବୋଧ ହେବ । କିନ୍ତୁ ଧ୍ୱନି ଅନିୟମିତ ଓ ବିଚ୍ଛିନ୍ନଭବେ ଅଳ୍ପ ବହୁତ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଶୁଣାଗଲେ ତାହା ଶ୍ରୁତିକଟୁ ହେବ । ଏହି ପ୍ରକାରର 'ଧ୍ୱନିକୁ ଆମେମାନେ ରବ ବା ଗୋଳମାଳ କହିଥାଉଁ । ସୁତରାଂ ରବ ହେଉଛି ଏକ କ୍ଷଣସ୍ଥାୟୀ, ଅନିୟମିତ ଧ୍ୱନି । ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟିବା ବେଳର ଧ୍ୱନି, ବଳଦଗାଡ଼ିର କେଁ କଟର ଧ୍ୱନି, ଗଛ ଡାଳରେ ବର୍ଷା ପାଣି ପଡ଼ିବା ଟପର ଟପର ଧ୍ୱନି ପ୍ରଭୃତିକୁ ରବ କୁହାଯାଏ; କିନ୍ତୁ ବେହେଲର ତାରକୁ ଟାଣିଲେ ଯେଉଁ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହୁଏ, ତାହା ଶୁଣିବାକୁ ମଧୁର ଲଗେ । ସେହିଭଳି ବଂଶୀ ଫୁଙ୍କିଲେ ଯେଉଁ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହୁଏ, ତାହା ମଧ୍ୟ ଶୁଣିବାକୁ ଭଲ ଲଗେ । ଏହି ପ୍ରକାରର ଧ୍ୱନି ସବୁ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ସଙ୍ଗୀତ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରଧାନ ଲକ୍ଷଣ ହେଉଛି ତା ସମକାଳୀୟ (Periodic), ନିୟମିତ (Regular), କ୍ରମାଗତ (Continuous) ଓ ଅବିରତ (Sustained) ।

ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରରେ ତିନିଗୋଟି ବିଶେଷ ଲକ୍ଷଣ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ :

(i) ତାରତ୍ୱ (Pitch), (ii) ତୀବ୍ରତା (Intensity or Loudness) ଓ
(iii) ଗୁଣ (Quality or Timbre) ।

(i) ତାରତ୍ୱ (Pitch) :

ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରର ଉଚ୍ଚତା (Shrillness) ବା ଧୀରତା (Lowness)ର ମାତ୍ରାକୁ ତାହାର ତାରତ୍ୱ କୁହାଯାଏ । ସ୍ୱରର ଏହି ତାରତ୍ୱ ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା ବସ୍ତୁର ଦୋଳନର ଆବୃତ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ହେଲେ ତାରତ୍ୱ ମଧ୍ୟ ଉଚ୍ଚରେ ରହେ ଓ ସ୍ୱରଟି ତୀବ୍ର (Shrill) ଶୁଣାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି କମ୍ ହେଲେ ତାରତ୍ୱ ମଧ୍ୟ କମିଯାଏ ଓ ସ୍ୱରଟି କ୍ଷୀଣ (Low) ଶୁଣାଯାଏ । ସ୍ୱରର ଏହି ଲକ୍ଷଣଟି ଦର୍ଶାଇବା ସକାଶେ ନିମ୍ନ ପରୀକ୍ଷାଟି କରଯାଇ ପାରିବ ।

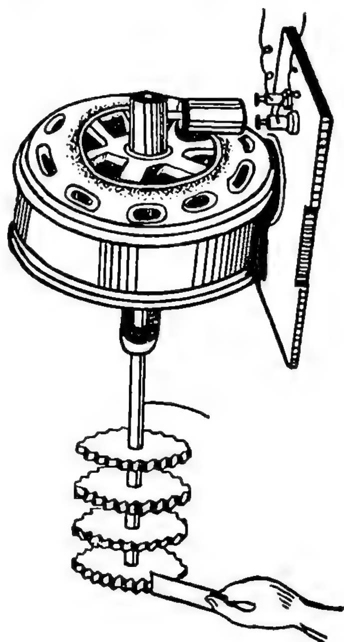
ସାଭର୍ଟଙ୍କ ଦନ୍ତୁରିତ ଚକ (Savart's Toothed Wheel) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମୋଟାର (Electric motar)ର ଦଣ୍ଡ (Shaft) ସହିତ କେତେକ ସଂଖ୍ୟାର ଦନ୍ତୁରିତ ଚକ ଲଗା ଯାଇଅଛି (ଚିତ୍ର 141) । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚକର ପରିଧିରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସଂଖ୍ୟାର ଦାନ୍ତ ସମଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ;

କିନ୍ତୁ ସେଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ଚକରୁ ଚକକୁ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବଢ଼ି ବଢ଼ି ଯାଇଛି । ଚକଗୁଡ଼ିକ ଘୂରିଲବେଳେ ଖଣ୍ଡେ ମଲଟ ପଟା ନେଇ ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ ଚକର ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଲଗାଇଲେ ପଟାର ଧାରଟି ଦାନ୍ତପରେ ଦାନ୍ତକୁ କ୍ରମାଗତରେ ବାଜିବା ଦ୍ୱାରା ଏକ କ୍ଷୀଣ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ଶୁଣାଯିବ । ଚକର ଘୂର୍ଣନ ବେଗ ବେଶୀ ହେଲେ ଏହି ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ତୀବ୍ର ଶୁଣାଯିବ ।

ମଲଟ ପଟାର ଧାରକୁ ଏହିରୂପେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚକର ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଲଗାଇଧରି ଚକଗୁଡ଼ିକୁ ଘୂରାଇଲେ ଦେଖିବ ଯେ, ଚକ ଗୁଡ଼ିକର ଘୂର୍ଣନ ବେଗ ସମାନ ହେଲେହେଁ ଯେଉଁ ଚକର ପରିଧିରେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସଂଖ୍ୟାର ଦାନ୍ତ ରହିଅଛି, ସେଥିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱର ଅତ୍ୟନ୍ତ ତୀବ୍ର; ପୁଣି ଯେଉଁ ଚକର ପରିଧିରେ ସର୍ବନିମ୍ନ ସଂଖ୍ୟାର ଦାନ୍ତ ରହିଅଛି, ସେଥିରୁ ଜାତ ହେବା ସ୍ୱର କମ୍ ତୀବ୍ର ଶୁଣାଯାଉଛି । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ, ସ୍ୱରର ତୀବ୍ରତା ବା କ୍ଷୀଣତା ତାହାର ଆବୃତ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ ।

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇଥାଏ ।


(ଚିତ୍ର 141)

(ii) ତୀବ୍ରତା (Intensity or Loudness) :

ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରର ଏହି ଲକ୍ଷଣଟି ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା ବସ୍ତୁର ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର (Amplitude) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର ଯେତେ ଅଧିକ ହେବ, ସ୍ୱର ସେତେ ଉଚ୍ଚ (Loud) ହେବ । ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର କମ୍ ହେଲେ ସ୍ୱର ଧୀର (Low) ହେବ । ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ ସାଧାରଣଭାବେ ବାଡ଼େଇଲେ ସେଥିରୁ ଏକ ଧୀର ସ୍ୱର ଜାତ ହେବ । କିନ୍ତୁ ସେହି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ ଜୋରରେ ବାଡ଼େଇଲେ ତାହାର ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର ବେଶୀ ହେବ । ପୁଣି ସେଥିରୁ ଏକ ଉଚ୍ଚ ସ୍ୱର ଜାତ ହେବ । ଦୋଳନାବସ୍ଥାରେ ଥିବା କୌଣସି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ କିଛି ସମୟ ସେହିପରି ଛାଡ଼ିଦେଲେ ତାହାର ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ହ୍ରାସ ପାଇଯିବ ଓ ସେଥି ସଙ୍ଗେ ସେଥିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱର ମଧ୍ୟ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଧୀର ହୋଇ ଆସିବ । ପରିଶେଷରେ, ଯେତେବେଳେ ଫୋର୍କଟିର ପ୍ରାନ୍ତ ଦ୍ୱୟ ସ୍ଥିର ହୋଇଯିବ ସ୍ୱରଟି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଲୋପ ପାଇଯିବ ।

(iii) ଗୁଣ (Quality or Timbre) :

ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରର ଏହା ଗୋଟିଏ ବିଶେଷ ଲକ୍ଷଣ । ଏହି ଲକ୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ କୌଣସି ସଙ୍ଗୀତ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରକୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ସଙ୍ଗୀତ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସମତାରତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ସ୍ୱରଠାରୁ ଭିନ୍ନ ବୋଲି ଜାଣିହୁଏ । କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆବୃତ୍ତିର ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ ବାଡ଼େଇଲେ ଯେଉଁ ସ୍ୱର ଜାତ ହୁଏ, ଗୋଟିଏ ବେହେଲା ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ

ଠିକ୍ କରି ଟାଣିଲେ ମଧ୍ୟ ସେହି ଆବୃତ୍ତିର ସ୍ୱର ଜାତ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ସ୍ୱର ଏକ ପ୍ରକାର ସରଳ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ରୂପେ ଶୁଣାଯିବା ସ୍ଥଳେ ବେହେଲା ତାରର ସ୍ୱର ଭିନ୍ନ ଧରଣର ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ରୂପେ ଅଧିକ ଶ୍ରୁତିମଧୁର ହୁଏ । ଏହାର କାରଣ, ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ସ୍ୱର ଅତି ସରଳ ଓ ତାହାର ସ୍ୱର ବିଶୁଦ୍ଧ (Pure tone); କିନ୍ତୁ ବେହେଲା ତାରର ମୂଳ ସ୍ୱର (Fundamental)ରେ ଆଉ କେତେକ ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱର (Overtone) ମିଶି ରହିଥାଏ । ତେଣୁ ସ୍ୱର ଜଟିଳ ହୁଏ । ସେଥିଯୋଗୁଁ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱର ସରଳ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ରୂପେ ଶୁଣାଯାଏ ଓ ବେହେଲା ତାରରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱର ତାହାର ଜଟିଳତା ଯୋଗୁଁ ଅଧିକ ଶ୍ରୁତିମଧୁର ବୋଧ ହୁଏ ।

ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱର (Overtones) ଓ ସମନାଦୀମାଳା (Harmonics)— କୌଣସି ମିଶ୍ର ସ୍ୱରର ସମନାଦୀ ସଂଯୋଜକଗୁଡ଼ିକୁ (Harmonic Constituents) ସ୍ୱନ ବା ତାନ ଖଣ୍ଡ (Partial Tones) କୁହାଯାଏ । ଏହି ସ୍ୱନଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ ଯେଉଁ ଖଣ୍ଡର ଆବୃତ୍ତି ସର୍ବନିମ୍ନ ଥାଏ, ସେହି ଖଣ୍ଡକୁ ମୂଳ ସ୍ୱର (Fundamental Note) କୁହାଯାଏ । ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଖଣ୍ଡକୁ ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱର (Overtones) ବା ଉଚ୍ଚ ଖଣ୍ଡ (Upper Partials) କୁହାଯାଏ । ଉପରି ତାନ ଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତି ମୂଳ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତିର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣିତକ (Integral Multiples) ହୋଇଥିଲେ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ସମଧ୍ୱନିକ ଖଣ୍ଡ (Harmonic Partial) କୁହାଯାଏ; ନଚେତ୍ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଅସମଧ୍ୱନିକ ଖଣ୍ଡ (Inharmonic Partial) କୁହାଯାଏ । ସ୍ୱତରାଂ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରର ଗୁଣ ସ୍ୱରର ମୂଳ ସ୍ୱର ସହିତ ମିଶି ରହିଥିବା ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱର (Overtones)ର ସଂଖ୍ୟା ଓ ସେଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି କାରଣରୁ ବିଭିନ୍ନ ସଙ୍ଗୀତ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ ଗୁଣର ହୋଇଥାଏ ।

ସାରାଂଶ

1. ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରର ତିନିଗୋଟି ବିଶେଷ ଲକ୍ଷଣ—

   (କ) ପିଚ୍ ବା ତାରତ୍ୱ (Pitch)—ଏହା ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା ବସ୍ତୁର ଦୋଳନର ଆବୃତ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

   (ଖ) ତୀବ୍ରତା (Intensity or Loudness)—ଏହା ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା ବସ୍ତୁର ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର (Amplitude) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

   (ଗ) ଗୁଣ (Quality or Timbre) ଏହା ମୂଳ ସ୍ୱର (Fundamental note) ସହିତ ମିଶି ରହିଥିବା ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱର (Overtones)ର ସଂଖ୍ୟା ଓ ସେଗୁଡ଼ିକର ଆପେକ୍ଷିକ ଆବୃତ୍ତି (Relative Frequencies) ଓ ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର (Amplitude) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

2. ସର୍ବନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତି ଥିବା ତାନ ଖଣ୍ଡ (Partial Tone)କୁ ମୂଳ ସ୍ୱର କୁହାଯାଏ ।

3. ଅନ୍ୟ ତାନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକୁ ଉପରିତାନ (Overtone) ବା ଉଚ୍ଚ ଖଣ୍ଡ (Upper Partials) କୁହାଯାଏ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ରବ ଓ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ବୁଝାଅ । ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରର ତିନିଗୋଟି ବିଶେଷ ଲକ୍ଷଣ କଅଣ ? ସେଗୁଡ଼ିକ କେଉଁ କେଉଁ ଭୌତିକ କାରଣ (Factor) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ, ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

2. ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରର ତାରତ୍ୱ (Pitch) କହିଲେ କଅଣ ବୁଝାଏ ? ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା ବସ୍ତୁର କେଉଁ ଭୌତିକ ଅବସ୍ଥା ଉପରେ ଏହା ନିର୍ଭର କରେ ?

3. ଉପରିତାନ (Overtones) ଓ ସମଧ୍ୱନିକ ସ୍ୱର (Harmonics) ବିଷୟରେ ଟିପ୍‌ପଣୀ ଲେଖ ।

4. ଧ୍ୱନିର 'ତାରତ୍ୱ' (Pitch), 'ତୀବ୍ରତା' (Intensity) ଓ 'ଗୁଣ' (Quality) କଅଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ଓ ରବ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।
   ଗୋଟିଏ ଖୋଲା ଅରଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ମୂଳସ୍ୱର ଓ ସମଧ୍ୱନିକ ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକ କଅଣ ?

5. ସାଭର୍ଟଙ୍କ ଦନ୍ତୁରିତ ଚକ ବର୍ଣ୍ଣନା କରି ତାହାର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

ତ୍ରୟୋବିଂଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭ କମ୍ପିତ ଓ ସଂବେଦନ

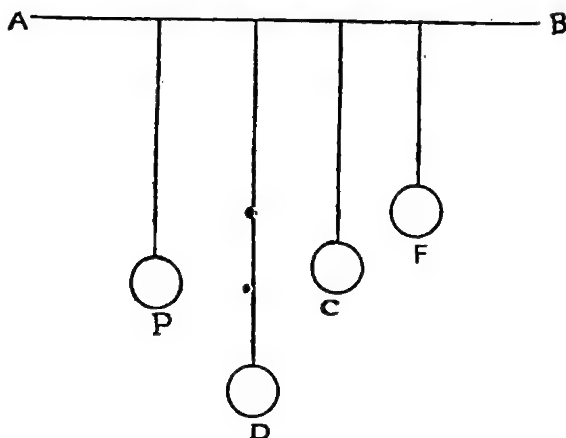
Vibrating Air columns and Resonance

ସଂବେଦନ :

ଦୋଳକ ଯେପରି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୋଳନ ସମୟ ନେଇ ପ୍ରଦୋଳିତ ହେଉଥାଏ, କୌଣସି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟ ଦୋଳନ କାଳରେ ତଦ୍ରୂପ ଆଚରଣ କରୁଥାଏ । ବସ୍ତୁର ଦୋଳନ ଚାଲୁ ରଖିବାକୁ ହେଲେ ତାହାକୁ ବାରମ୍ବାର ନିୟମିତ ରୂପେ ଧକ୍‌କା ଦେବାକୁ ହୁଏ । ସୁତରାଂ ଯେକୌଣସି ଦୋଳନକ୍ଷମ ବସ୍ତୁକୁ ସମାନ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଆବେଗ (Impulse) ପ୍ରଦାନ କରି ତାହାକୁ ଦୋଳନାବସ୍ଥାକୁ ଆଣି ତାହାର ଦୋଳନକୁ ଚାଲୁ ରଖାଯାଇ ପାରିବ ।

23·1 ପରୀକ୍ଷା :

ଖଣ୍ଡେ ସୂକ୍ଷ୍ମ ରଜ୍ଜୁ AB ର ଦୁଇ ମୁଣ୍ଡକୁ ଦୁଇଟି ଆଶ୍ରୟ ସହିତ ବାନ୍ଧିଦେଇ ରଜ୍ଜୁଟିକୁ ଟାଣି ରଖ । ରଜ୍ଜୁର କୌଣସି ସ୍ଥାନରୁ ଦୋଳକ Pକୁ ଝୁଲାଅ (ଚିତ୍ର 142) । D, C, F ଅନ୍ୟ ତିନିଗୋଟି ଦୋଳକକୁ ମଧ୍ୟ ସେହି ରଜ୍ଜୁର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରୁ ଝୁଲାଇ ରଖ ।



(ଚିତ୍ର 142)

ଦୋଳକର Pର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରଥମ ଦୋଳକ Dର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବେଶୀ । ଦୋଳକ Pର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ଦ୍ୱିତୀୟ ଦୋଳକ Cର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସମାନ, ପୁଣି ଦୋଳକ Pର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅପେକ୍ଷା ତୃତୀୟ ଦୋଳକ Fର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କମ୍ । ସୁତରାଂ ସେମାନଙ୍କର ଦୋଳନ ସମୟ-ଗୁଡ଼ିକ Pର ଦୋଳନ ସମୟ ତୁଳନାରେ ଯଥାକ୍ରମେ ବେଶୀ, ସମାନ ଓ କମ୍ ହେବ ।

ଦୋଳକ Pର ବବ୍‌କୁ ଅଳ୍ପ ଆଗକୁ ଟାଣି ଆଣି ଛାଡ଼ିଦେଲେ ଦୋଳକଟି ପ୍ରଦୋଳିତ ହେବ । ତତ୍ପରେ ଏହି ଦୋଳନ ରଜ୍ଜୁ AB ଦେଇ ଅନ୍ୟ ତିନିଗୋଟି ଦୋଳକକୁ ସଞ୍ଚାରିତ (Communicate) ହେବ । ଫଳରେ ଏହି ତିନିଗୋଟିଯାକ ଦୋଳକ Pର ବେଗରେ ପ୍ରଦୋଳିତ ହେବେ; କିନ୍ତୁ Cର ଦୋଳନ—ବିସ୍ତାର (Amplitude) ଖୁବ୍ ବଡ଼ ଦେଖାଯିବା ସ୍ଥଳେ, D ଓ Fର ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର ନିତାନ୍ତ ଛୋଟ ଦେଖାଯିବ । ତିନିଗୋଟିଯାକ ଦୋଳକକୁ ଦୋଳନ କରିବା ସକାଶେ ବଳପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିଲେହେଁ କେବଳ C ଦୋଳକଟି ବୃହତ୍ ଧରଣ ଦୋଳନ—ବିସ୍ତାର ସହ ପ୍ରଦୋଳିତ ହେଉଛି, କାରଣ ତାହାର ସ୍ୱାଭବିକ ଦୋଳନକାଳ Pର ଦୋଳନକାଳ ସହିତ ଠିକ୍ ସମାନ । ଏହି ସ୍ଥଳରେ P ସହିତ C ସଂବେଦନ (Resonance)ରେ ରହିଛି ବୋଲି କୁହାଯାଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ D ଓ F କେବଳ ପ୍ରଣୋଦିତ କମ୍ପନ (Forced vibration) କରୁଛନ୍ତି ବୋଲି କୁହାଯାଇଥାଏ ।

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ସ୍ୱଇଚ୍ଛାରେ ଦୋଳନ କରୁଥିବା ବେଳର ଦୋଳନକାଳକୁ ତାହାର ସ୍ୱାଭବିକ ବା ମୁକ୍ତ ଦୋଳନକାଳ (Natural or Free period of Vibration) କୁହାଯାଏ; ପୁଣି ବସ୍ତୁଟିର ଅନୁରୂପ (Corresponding) ଆବୃତ୍ତିକୁ ତାହର ସ୍ୱାଭବିକ ଆବୃତ୍ତି କୁହାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଧରଣର ବସ୍ତୁ ପ୍ରତି ଯଦି ସମାନ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ କୌଣସି ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯିବ, ତେବେ ବସ୍ତୁଟି ବାଧ୍ୟ ହୋଇ ପ୍ରାୟୋଗିକ ବଳର ଆବୃତ୍ତିରେ ପ୍ରଦୋଳିତ ହେବ । ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁଟି ପ୍ରଣୋଦିତ କମ୍ପନ କରୁଛି ବୋଲି କୁହାଯିବ । ଏହି ଧରଣର ଦୋଳନରେ ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର ସାଧାରଣତଃ ଖୁବ୍ ଛୋଟ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁଟିର ସ୍ୱାଭବିକ ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ପ୍ରାୟୋଗିକ ବଳର ଆବୃତ୍ତି ଠିକ୍ ସମାନ ହେବ, ପ୍ରଣୋଦିତ କମ୍ପନର ଦୋଳନ-ବିସ୍ତାର ଖୁବ ବଡ଼ ହେବ; ପୁଣି ବସ୍ତୁଟି ପ୍ରାୟୋଗିକ ବଳ ସହିତ ସଂବେଦନ ଦୋଳନ କରୁଛି ବୋଲି କୁହାଯିବ ।

23·2 ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର କମ୍ପନ :

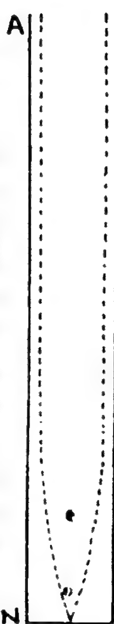
ସମପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ନଳୀ କିମ୍ବା ପାଇପ୍‌ରେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭ ଆବଦ୍ଧ ଥାଏ । ନଳୀର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡରେ ଯଦି ସମାନ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ କୌଣସି ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯିବ, ସେହି ଘାତଟି ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁରେ ଗୋଟିଏ ଦୈର୍ଘ୍ୟିକ ତରଙ୍ଗ ରୂପେ ଗତି କରି ପରିଶେଷରେ ନଳୀର ଅପର ମୁଣ୍ଡରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହେବ । ସୁତରାଂ ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭରେ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଦୁଇଗୋଟି ତରଙ୍ଗମାଳା ଗତି କରିବ । ଫଳରେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭରେ ଏକାନ୍ତରରେ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ରହିଥିବା ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳାର ସୃଷ୍ଟି ହେବ । ନଳୀର ମୁଣ୍ଡ ଖୋଲାଥିଲେ ସେଠାରେ ସ୍ତମ୍ଭସ୍ଥ ବାୟୁକଣା ଗୁଡ଼ିକର ଅବାଧ ପ୍ରଚଳନ ସକାଶେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସୁବିଧା ରହିଥିବାରୁ ନଳୀର ଖୋଲା ମୁଣ୍ଡଠାରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହେବ । କିନ୍ତୁ ନଳୀର ମୁଣ୍ଡଟି ବନ୍ଦ ହୋଇଥିଲେ ସେଠାରେ ବାୟୁକଣା ଗୁଡ଼ିକର କୌଣସି ପ୍ରକାର ପ୍ରଚଳନ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ । ଫଳରେ ନଳୀର ବନ୍ଦଥିବା ମୁଣ୍ଡଠାରେ ଗୋଟିଏ ନିସ୍ପନ୍ଦର ସୃଷ୍ଟି ହେବ ।

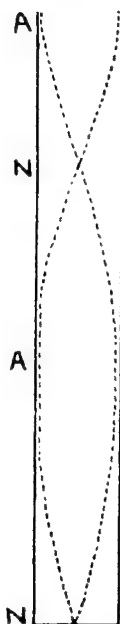
ସୁତରାଂ ଯେକୌଣସି ବାୟୁସ୍ତମ୍ଭ ଅବାଧରେ କମ୍ପନ କଲେ ତାହା ଏପରି ଭାବରେ କମ୍ପିତ ହୁଏ ଯେ, ତାହାର ବନ୍ଦ ଥିବା ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ନିସ୍ପନ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଓ ଖୋଲାଥିବା ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

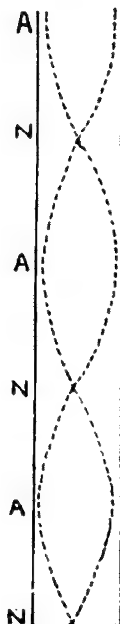
(a) ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଥିବା ପାଇପ୍ ବା ନଳୀରେ କମ୍ପନ (Vibration in Closed Pipes)

ସମପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ଯେଉଁ ନଳୀର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଓ ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡଟି ଖୋଲଥାଏ, ସେହି ନଳୀକୁ ବନ୍ଦ ନଳୀ (Closed Pipe) କୁହାଯାଏ । ବନ୍ଦ ନଳୀର ବାୟୁକଣାଗୁଡ଼ିକ ଏପରି ଭାବରେ କମ୍ପନ କରନ୍ତି ଯେ, ନଳୀର ବନ୍ଦ ଥିବା ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ନିସ୍ପନ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଓ ଖୋଲା ମୁଣ୍ଡ ନିକଟରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ବାୟୁକଣାଗୁଡ଼ିକର ନିତାନ୍ତ ସରଳ ପ୍ରକାରର କମ୍ପନରେ ନଳୀର ଦୁଇ ମୁଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ କିମ୍ବା ନିସ୍ପନ୍ଦ ନ ଥାଏ (ଚିତ୍ର 143-a) । ଯେହେତୁ ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳାରେ କୌଣସି ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ଓ ତାହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ନିସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା $\lambda/4$ ହୁଏ, ନଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $l=\lambda/4$ ।

ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଥିବା କୌଣସି ନଳୀରେ ଉଚ୍ଚ ଧରଣର (Higher modes) ଦୋଳନ ମଧ୍ୟ ସମ୍ଭବପର ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଆମ୍ଭେମାନେ ମନେ ରଖିଥିବା ଯେ ବନ୍ଦ ଥିବା ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ନିସ୍ପନ୍ଦ ରହିବ ଓ ଖୋଲଥିବା ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ରହିବ, ପୁଣି ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦଗୁଡ଼ିକ ଏକାନ୍ତରରେ ଅବସ୍ଥିତ, ତେବେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଉଚ୍ଚ ଧରଣର କମ୍ପନ (ଚିତ୍ର 143-b)ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ପରି ହେବ । ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭ ଏରୂପେ ପ୍ରକମ୍ପିତ ହେଲେ ଚିତ୍ରରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ, ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବା (ନଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ) l ନଳୀରେ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ତରଙ୍ଗ— ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ_1ର 3/4 ହେବ, ଅର୍ଥାତ୍ $l = \dfrac{3\lambda_1}{4}$







(ଚିତ୍ର 143-a, 143-b, 143-c)

ଚିତ୍ର 143-cରେ ଏହା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ।

ପରବର୍ତ୍ତୀ ଉଚ୍ଚ ଧରଣର ଦୋଳନରେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l, ନଳୀରେ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ_2ର $\frac{5}{4}$ ହେବ, ଅର୍ଥାତ୍ $l = \dfrac{5\lambda_2}{4}$

ତେବେ $\lambda/4 = \dfrac{3\lambda_1}{4} = \dfrac{5\lambda_2}{4}$ ବା $\lambda = 3\lambda_1 = 5\lambda_2$

ଯଦି ଏହି ତିନି ପ୍ରକାରର ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତି ଯଥାକ୍ରମେ n, n_1 ଓ n_2 ହୁଏ, ତେବେ $v=n\lambda=n_1\lambda_1=n_2\lambda_2$

ବା $v=n\lambda=n_1\dfrac{\lambda}{3}=n_2\dfrac{\lambda}{5}$

ବା $n=\dfrac{n_1}{3}=\dfrac{n_2}{5}$

ବା $n : n_1 : n_2=1 : 3 : 5$

ଏହି କ୍ରମରେ ଉଚ୍ଚ ଧରଣର ଦୋଳନର ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକର ଅନୁପାତ ବଢ଼ି ବଢ଼ି ଚାଲିଥାଏ ।

ଏଥିରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ ଏହି ଧରଣର ପାଇପ୍‌ରୁ କେବଳ ବିଷମ ଧ୍ୱନିକ (Odd Harmonic)ର ସ୍ୱର ଜାତ ହେଉଛି । ସମଧ୍ୱନିକ ସ୍ୱରର ଅନୁପସ୍ଥିତି ଯୋଗୁଁ ବନ୍ଦ ନଳୀରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱର ଲଘୁ (Hollow) ଓ ସାମାନ୍ୟ ଅନୁନାସିକ ପ୍ରକୃତିର ହୋଇଥାଏ ।

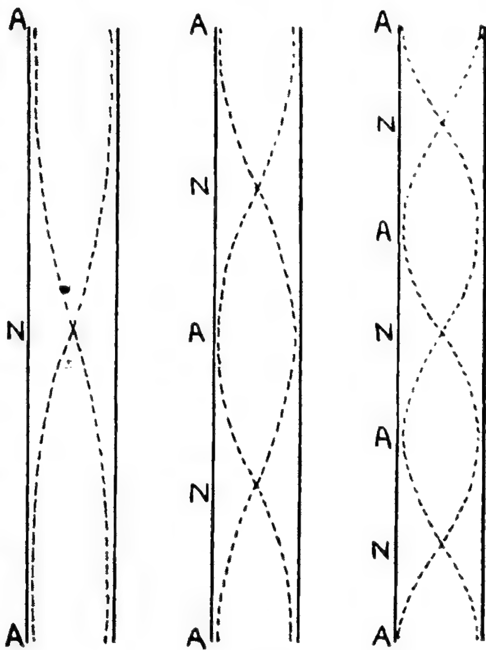
(b) ମୁଣ୍ଡ ଖୋଲଥିବା ନଳୀ ବା ପାଇପ୍‌ରେ କମ୍ପନ (Vibration in Open Pipes) :

ଉଭୟ ମୁଣ୍ଡ ଖୋଲଥିବା ସମପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ନଳୀକୁ ଖୋଲା ନଳୀ କୁହାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକାରର ନଳୀର ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭରେ ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳାର ସୃଷ୍ଟି ହେଲେ ନଳୀର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମୁଣ୍ଡ ନିକଟରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ଓ ଠିକ୍ ମଝିରେ ଗୋଟିଏ ନିସ୍ପନ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ (ଚିତ୍ର 144—a) । ପ୍ରଥମ ଧରଣର କମ୍ପନରେ, ନଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l, ଦୁଇଗୋଟି ଅନୁଗାମୀ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଦୂରତା ସହିତ ସମାନ; ଅର୍ଥାତ୍—ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଠିକ୍ ଅଧା ସହିତ ସମାନ ।

$\therefore\ l=\lambda/2$ ବା $\lambda=2l$

ଦ୍ୱିତୀୟ ଧରଣର କମ୍ପନରେ (ଚିତ୍ର 144—b)ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭରେ ଆଉ ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ଅଧିକ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦର ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ, ଅର୍ଥାତ୍ $l=\lambda_1$

ତୃତୀୟ ଧରଣର କମ୍ପନରେ (ଚିତ୍ର 144—c)ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ଭଳି ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭରେ ଦ୍ୱିତୀୟ ଧରଣର କମ୍ପନ ଅପେକ୍ଷା ଆହୁରି ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ଅଧିକା ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦର ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ; ଏଥିରେ ନଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ_2ର 3/2 ଗୁଣ ।



(ଚିତ୍ର 144—a, 144—b, 144—c)

ଅର୍ଥାତ୍ $l=\frac{3\lambda_2}{2}$ ତେବେ $\frac{\lambda}{2}=\lambda_1=\frac{3\lambda_2}{2}$ ବା $\lambda=2\lambda_1=3\lambda_2$

ଯଦି ଏହି ତିନିଗୋଟି କ୍ଷେତ୍ରରେ ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତି ଯଥାକ୍ରମେ n, n_1 ଓ n_2 ହୋଇଥାଏ, ତେବେ $v=n\lambda=n_1\lambda_1=n_2\lambda_2$

$$\text{ବା } n\lambda=n_1\times\frac{\lambda}{2}=n_2\times\frac{\lambda}{3}$$

$$\text{ବା } n=\frac{n_1}{2}=\frac{n_2}{3} \qquad \text{ବା } n:n_1:n_2=1:2:3$$

ଏହି କ୍ରମରେ ଉଚ୍ଚ ଧରଣର ଦୋଳନର ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକର ଅନୁପାତ ବଢ଼ି ବଢ଼ି ଚାଲିଥାଏ ।

ଏଥିରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ, ଏହି ଧରଣର ପାଇପରୁ ଉଭୟ ସମ ଓ ବିଷମ ଧ୍ୱନିକର ସ୍ୱର ଜାତ ହେଉଛି । ଏହି କାରଣରୁ ଖୋଲା ଅରଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱର ଉଚ୍ଚ ଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଓ ସଙ୍ଗୀତରୂପକ ହୋଇଥାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ପାଇପ୍‌ରେ ହେଉଥିବା ଦୋଳନକୁ ତୁଳନା କଲେ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ, ସମଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ବନ୍ଦ ଓ ଖୋଲା ଅରଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ମୂଳ ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତି 1 : 2 ଅନୁପାତ ବିଶିଷ୍ଟ ।

(c) ପ୍ରାନ୍ତ ବା ଅନ୍ତ ସଂଶୋଧନ (End Correction) :

ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗମାଳାର ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା ଯେକୌଣସି ନଳୀର ଖୋଲା ମୁଣ୍ଡଠାରେ ଥିବା ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ପ୍ରକୃତରେ ଖୋଲାମୁଣ୍ଡର ଟିକିଏ ଉପରକୁ ରହିଥାଏ । ନଳୀର ଖୋଲାମୁଣ୍ଡଠାରୁ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦର ଆସ୍ଥାନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦୂରତାକୁ ନଳୀର ଖୋଲାମୁଣ୍ଡର ଅନ୍ତ ସଂଶୋଧନ କୁହାଯାଏ । ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର କରାଯାଇଛି ଯେ, ଅନ୍ତ ସଂଶୋଧନର ମୂଲ୍ୟ 'e', ନଳୀର ବ୍ୟାସ 'd' ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ପୁଣି ଏହାର ମୂଲ୍ୟ 0·3d ଅଟେ ।

ଅନ୍ତ ସଂଶୋଧନକୁ ହିସାବକୁ ନେଲେ, ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଥିବା ନଳୀସ୍ଥ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ପ୍ରଥମ ଧରଣର ଦୋଳନବେଳେ $\frac{\lambda}{2}=l+2e$ ହେବ ।

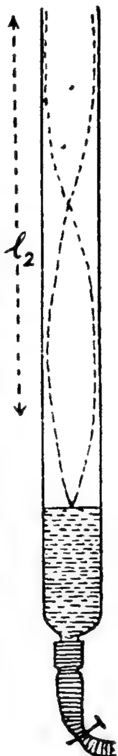
(d) ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ ଯେଉଁ ଯନ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ, ସେଥିରେ ପ୍ରାୟ 110 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 4 ସେ:ମି: ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଲମ୍ବା କାଚନଳୀକୁ ଗୋଟିଏ କାଠ ଷ୍ଟାଣ୍ଡ ଦେହରେ ଭୂଲମ୍ବରେ ଭିଡ଼ି ରଖାଯାଇଥାଏ (ଚିତ୍ର 145) ।

କାଚନଳୀର ଉପର ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ଧାତବ ବଳୟ ରହିଥାଏ; ପୁଣି ତା'ର ତଳମୁଣ୍ଡଟି ସରୁଆ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ସରୁଆ ମୁଣ୍ଡ ସହ ଗୋଟିଏ ରବର ନଳୀ ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଥାଏ । ରବର ନଳୀ ଶେଷରେ ଗୋଟିଏ ପେଚକ୍ଲିପ୍ (Screw-clip)

ଲାଗିଥାଏ । ଷ୍ଟାଣ୍ଡ ଦେହରେ କାଚନଳୀର ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ଲାଗି ଗୋଟିଏ ସେ:ମି: ସ୍କେଲ୍ ରହିଥାଏ । ଏହି ସ୍କେଲ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ କାଚନଳୀରେ ଥିବା ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପ କରାଯାଏ (ଚିତ୍ରରେ କାଠ ଷ୍ଟାଣ୍ଡ, ଧାତବ ବଳୟ ଓ ସ୍କେଲ୍ ଦର୍ଶାଯାଇ ନାହିଁ) ।

ପରୀକ୍ଷା :



ସର୍ବପ୍ରଥମେ କାଚନଳୀକୁ ଜଳପୂର୍ଣ୍ଣ କର । ପେଚକ୍ଲିପ୍‌କୁ ଆଂଶିକଭାବେ ଖୋଲି ନଳୀର ଜଳକୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ବାହାର କର । ଏହା କରିବାଦ୍ୱାରା ଜଳ ଉପରେ ଥିବା ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବେଶୀ ହେବ । n ଆବୃତ୍ତି ଥିବା ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ ରବର ହାତୁଡ଼ିରେ ବାଡ଼େଇ କାଚ ନଳୀର ଖୋଲା ମୁଣ୍ଡର ଅଳ୍ପ ଉପରକୁ ଧର । କିଛି ସମୟ ପରେ ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭରୁ ଏକ କ୍ଷୀଣ ସ୍ୱର ଶୁଣାଯିବ; କାରଣ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭରେ ବଳ ପ୍ରାୟୋଗିକ ଦୋଳନର ସୃଷ୍ଟି ହେବ । ସ୍ୱର ଶୁଣାଯିବା ମାତ୍ରେ ପେଚକ୍ଲିପ୍‌କୁ ଆଉ ଟିକିଏ ଭିଡ଼ିଦେଇ କାଚନଳୀରୁ ଆହୁରି କମ୍ ମାତ୍ରାରେ ଜଳ ବାହାର କର, ଯେପରିକି ନଳୀ ଭିତରେ ଜଳପତନ ଧୀରେ ଧୀରେ ତଳକୁ ଖସିବ । ଦେଖିବ, କାଚନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱର ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ସ୍ପଷ୍ଟ ହୋଇ ଆସୁଛି । ସ୍ୱରଟିର ତୀବ୍ରତା (Intensity) କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବଢ଼ିବାକୁ ଲାଗିବ । ଏହିରୂପେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ବଢ଼ାଇଲେ ଦେଖାଯିବ ଯେ, ତାହାର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟବେଳେ ସେଥିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ତୀବ୍ରତା ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସୀମାରେ ପହଞ୍ଚିବ । ଏବେ ଚିମୁଟାକୁ ପୂରା ବନ୍ଦ କରିଦିଅ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭଟି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କ ସହିତ ସଂବେଦନ (Resonance)ରେ ଦୋଳନ କରୁଛି ଅର୍ଥାତ୍ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭଟି ତାହାର ସ୍ୱାଭାବିକ ଆବୃତ୍ତିରେ ଦୋଳନ କରୁଛି ଓ ତାହାର ଦୋଳନର ଆବୃତ୍ତି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ଦୋଳନର ଆବୃତ୍ତି n ସହିତ ସମାନ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନଳୀ ପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ସ୍କେଲ୍‌ରୁ ଦେଖି ଟିପି ରଖ । ଏବେ କ୍ଲିପ୍‌କୁ ଅଳ୍ପ ଖୋଲି ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ଆଉ ଅଳ୍ପ ବଢ଼ାଇ ଦିଅ । ଦେଖିବ, ସ୍ୱରଟି ପୁଣି କ୍ଷୀଣ ହୋଇ ଯାଉଛି । କ୍ଲିପ୍‌କୁ ପୁଣି ବନ୍ଦ କରିଦେଇ କାଚନଳୀ (ଚିତ୍ର 145) ଭିତରେ ଆଉ ଅଳ୍ପ ପାଣି ପୂରାଅ । ଜଳର ପତନ ଅଳ୍ପ ଉପରକୁ ଉଠିବ । କ୍ଲିପ୍‌କୁ ପୁନରାୟ ଅଳ୍ପ ଖୋଲି ନଳୀରୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଜଳ ବାହାର କରି ପୂର୍ବପରି ପରୀକ୍ଷାଟି ଆଉ ଥରେ କର । ଏଥର ମଧ୍ୟ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପି ଲେଖ । ଉଭୟ ଥର ଟିପି ରଖିଥିବା ଦୈର୍ଘ୍ୟର ହାରାହାରି l_1 ବାହାର କର ।

ଏଠାରେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭରେ ଗତି କରୁଥିବା ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗମାଳା କାଚନଳୀରେ ଥିବା ଜଳପୃଷ୍ଠରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ । ସୁତରାଂ କାଚନଳୀର ଜଳ ଉପରିସ୍ଥ ଅଂଶ ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଥିବା ଗୋଟିଏ ନଳୀ ସ୍ୱରୂପ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ନଳୀରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ $\lambda = 4(l_1 + e)$

କାରଣ $l_1 + e = \frac{\lambda}{4}$ ....(1)

(ଏଠାରେ 'e' ଅନ୍ତ ସଂଶୋଧନ)

କିନ୍ତୁ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ଗତି, $v = n\lambda$

$\therefore\ v=4n\ (l_1+e)$

$=4n\ (l_1+0{\cdot}3d)$

(d, କାଚନଳୀର ବ୍ୟାସ)

ଏହି ଅନୁରୂପ ପରୀକ୍ଷା 5 ଥର କରି ପରିଶେଷରେ l_1 ର ହାରାହାରି ମୂଲ୍ୟ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ବ୍ୟବହାର କରିବ ।

କାଚନଳୀର ଖୋଲମୁଣ୍ଡ ସକାଶେ ଯେଉଁ ଅନ୍ତ ସଂଶୋଧନ ଦରକାର ହେଉଛି ତାହାକୁ ଦୂର କରିବାକୁ ହେଲେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପାୟ ଅବଲମ୍ବନ କରିବାକୁ ହେବ ।

ପେଚକ୍ଲିପ୍ ଖୋଲି କାଚନଳୀରୁ ଜଳ ବାହାର କର ଯେପରିକି ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ବଢ଼ିବ । ଦେଖିବ, ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଯେତେବେଳେ ପୂର୍ବ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l_1ର ପ୍ରାୟ ତିନିଗୁଣ ହେବ, ସେତେବେଳେ ପୁନର୍ବାର ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭରୁ ସମ୍ବେଦନ ଜାତ ହୋଇ ଉଚ୍ଚ ସ୍ୱରରେ ଶୁଣାଯିବ । ପୂର୍ବ ପରୀକ୍ଷାରେ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଠିକ୍ କଲା ଭଳି ଏହି ପରୀକ୍ଷାରେ ମଧ୍ୟ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସ୍ୱର ଶୁଣାଯିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳପତନକୁ ଉପରକୁ ତଳକୁ କରି ଠିକ୍ କରିନିଅ । ଏହା ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦ୍ୱିତୀୟ ଧରଣର ଦୋଳନ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l_2 ମାପକରି ଲେଖ (ଚିତ୍ର 146) ।

ତେବେ $\frac{3\lambda}{4}=l_2+e......(2)$

ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ପରୀକ୍ଷାକୁ 5 ଥର କରି l_2ର ହାରାହାରି ମୂଲ୍ୟ ବାହାର କର ।

(1) ଓ (2) ସମୀକରଣରୁ

$\lambda_2=l_2-l_1$ ପୁଣି $\lambda=2(l_2-l_1)$

ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ, $V=n\lambda=2n(l_2-l_1)$ ପରୀକ୍ଷାର ମାପ ଓ ଫଳଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସାରଣୀରେ ଲେଖ—

(ଚିତ୍ର 146)

କ୍ରମିକ ସଂଖ୍ୟା	ଆବୃତ୍ତି n	ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l_1			ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l_2			$\lambda=2(l_2-l_1)$	$V=n\lambda$ $=2n(l_2-l_1)$
		1	2	ହାରାହାରି	1	2	ହାରାହାରି		

ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ତାପମାତ୍ରା ବର୍ଦ୍ଧିଲେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଥାଏ । ସୁତରାଂ ପରୀକ୍ଷା ସମୟରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ତାପମାତ୍ରା ମଧ୍ୟ ଲେଖି ରଖିବାକୁ ହେବ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଆମ୍ଭେମାନେ ବାୟୁରେ, n ଆବୃତ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ସ୍ୱରର ତରଙ୍ଗ—ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ ଓ ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳର ତାପମାତ୍ରାରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିପାରୁଁ ।

ଅନ୍ତ ସଂଶୋଧନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ଉପର ଲିଖିତ ସମୀକରଣ (1) କୁ 3 ରେ ଗୁଣନ କଲେ

$$\frac{3\lambda}{4}=3\,(l_1+e)$$

ସମୀକରଣ (2) ରୁ $\frac{3\lambda}{4}=l_2+e$

$\therefore 3\,(l_1+e)=l_2+e$

ବା $2e=l_2-3l_1$

$\therefore e=\frac{l_2-3l_1}{2}$

ଏହି ସମୀକରଣରେ l_2 ଓ l_1 ର ମୂଲ୍ୟ ସ୍ଥାପନ କଲେ e_1 ର ମୂଲ୍ୟ ନିରୂପଣ କରଯାଇ—ପାରିବ । ତା'ପରେ କ୍ୟାଲିପରସ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ କାଚନଳୀର ଅନ୍ତଃବ୍ୟାସ d ମାପ କରି ତାହାକୁ 0·3 ରେ ଗୁଣନ କଲେ e ର ମୂଲ୍ୟ ବାହାରିବ । e ର ଏହି ମୂଲ୍ୟ ସହିତ ପରୀକ୍ଷାରୁ ବାହାରିଥିବା ମୂଲ୍ୟର ତୁଳନା କରଯାଇପାରିବ ।

ଉଦାହରଣ :

ସେକେଣ୍ଡକୁ 320 ଆବୃତ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କ ସହିତ ସଂବେଦନରେ ଥିବା କୌଣସି ବନ୍ଦ ନଳୀର (Closed Pipe) ନିମ୍ନତମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର : (ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ=336 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ)

ମନେକର, ବନ୍ଦ ନଳୀର ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ=l

ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ=33600 ସେ:ମି/ସେକେଣ୍ଡ

ପ୍ରଥମ ସଂବେଦନୀ ଆସ୍ଥାନରେ, $\frac{\lambda}{4}l$ ବା $\lambda=4l$

ପୁଣି $V=n\lambda=4nl$

ଏହି ସମୀକରଣରେ v ଓ n ର ମୂଲ୍ୟ ସ୍ଥାପନ କଲେ

$$33600=4\times320\times l$$

ବା $l=\frac{33600}{4\times320}=26{\cdot}25$ ସେ:ମି:

$\therefore$ ଦରକାର ହେବା ନଳୀର ନିମ୍ନତମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ=26·25 ସେ:ମି:

ସାରାଂଶ

1. ସବେଦନ—ଯେଉଁ ଘଟଣାରେ ଧ୍ୱନି ଜାତ କରୁଥିବା କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଦୋଳନଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥିରରେ ଥିବା କୌଣସି ସମ ସ୍ୱାଭାବିକ ଆବୃତ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁକୁ ହସ୍ତାନ୍ତର କରାଯାଏ ଓ ଏହି ହସ୍ତାନ୍ତର ଫଳରେ ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁଟି ଠିକ୍ ପ୍ରଥମ ବସ୍ତୁଭଳି ଦୋଳନ କରେ ସେହି ଘଟଣାକୁ ସବେଦନ କୁହାଯାଏ ।

2. ସବେଦନୀ ସ୍ତମ୍ଭ ପ୍ରଣାଳୀରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କଲାବେଳେ ବ୍ୟବହାର କରାଯିବା ସୂତ୍ର, $V=4n(l+e)$ । ଏଠାରେ 'V' ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ; 'n' ଦୋଳନୀୟ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଆବୃତ୍ତି; 'l' ପ୍ରଥମ ଧରଣର ଦୋଳନ କରୁଥିବା ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 'e' ଅନ୍ତ ସଂଶୋଧନ । ନଳୀର ବ୍ୟାସ 'd' ହୋଇଥିଲେ 'e' ର ମୂଲ୍ୟ 0·3d.

3. ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ପ୍ରଥମ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ଧରଣର ଦୋଳନବେଳେ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଯଥାକ୍ରମେ l_1 ଓ l_2 ହୋଇଥିଲେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ, $V=2n(l_2-l_1)$ । ଏଠାରେ ମଧ୍ୟ 'n' ଦୋଳନୀୟ ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଆବୃତ୍ତି ।

4. ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଧ ଥିବା କୌଣସି ନଳୀରେ ବିଭିନ୍ନ ଧରଣର ଦୋଳନ ଯୋଗୁଁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତି ଯଥାକ୍ରମେ 1 : 3 : 5......ଅନୁପାତରେ ଥାଏ ।

5. ମୁଣ୍ଡ ଖୋଲାଥିବା କୌଣସି ନଳୀରେ ବିଭିନ୍ନ ଧରଣର ପ୍ରଦୋଳନ ଯୋଗୁଁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତି ଯଥାକ୍ରମେ 1 : 2 : 3......ଅନୁପାତରେ ଥାଏ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ସବେଦନୀ ସ୍ତମ୍ଭ (Resonating Column) ପ୍ରଣାଳୀରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

   କୌଣସି ବନ୍ଦ ନଳୀ (Closed pipe)ରୁ ପ୍ରଥମ ଧରଣର ଦୋଳନରେ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି 256 । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 352 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ନଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   (ଉ: 34·375 ସେ:ମି:)

2. କୌଣସି ବନ୍ଦ ଅର୍ଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ର ମୂଳ ଆବୃତ୍ତି (Fundamental frequency) 384 । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 1100 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ପାଇପ୍‌ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   (ଉ: 8·6 ଇଞ୍ଚ)

3. ସବେଦନୀ ସ୍ତମ୍ଭ (Resonating Column) ଓ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କ ବ୍ୟବହାର କରି ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇଥିଲା । ପରୀକ୍ଷାରୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଫଳ ବାହାରିଲା । ଫଳଗୁଡ଼ିକ ସାହାଯ୍ୟରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ହିସାବ କର ।

ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ଆବୃତ୍ତି=512 । ପ୍ରଥମ ସ୍ପନ୍ଦନର ଆସ୍ଥାନରେ ନଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ =16·1 ସେ:ମି: । ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ପନ୍ଦନ ଆସ୍ଥାନରେ ନଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ=48·2 (ଉ: 328·704 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ)

4. ଉପଯୁକ୍ତ ଉଦାହରଣ ସହ ସ୍ପନ୍ଦନ ପଦ୍ଧତି (Principle) ବୁଝାଇଦିଅ ।

5. ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

6. ବନ୍ଦ ଅର୍‌ଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ରେ ସ୍ପନ୍ଦନର ଧାରଣା ଆଲୋଚନା (Discussion) କର । ସ୍ପନ୍ଦନୀ ସ୍ତମ୍ଭ ସାହାଯ୍ୟରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ କି ରୂପେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଏ, ବୁଝାଇଦିଅ ।

7. ଟିପ୍ପଣୀ ଲେଖ—

(i) ସ୍ପନ୍ଦନ ପ୍ରଣାଳୀରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ ।

(ii) ସ୍ପନ୍ଦନୀ ସ୍ତମ୍ଭ ।

୮. 4 ଫୁଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଖୋଲା ଅର୍‌ଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ର ମୂଳ ସ୍ୱର (Fundamental Note)ର ଆବୃତ୍ତି (Frequency) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 1100 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ) (ଉ: 137·5)

9. 332 ଆବୃତ୍ତି ଥିବା ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କ ସହ ସ୍ପନ୍ଦନ କରୁଥିବା ବନ୍ଦ ଅର୍‌ଗାନ ପାଇପ୍‌ର ସର୍ବନିମ୍ନ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 332 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ) (ଉ: 25 ସେ:ମି:)

10. ସମଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଅର୍‌ଗାନ୍ ପାଇପ୍ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ଖୋଲା ଓ ଅନ୍ୟଟି ବନ୍ଦ । ଏହି ଦୁଇଟି ପାଇପ୍‌ରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର (Notes) ଆବୃତ୍ତି ତୁଳନା କର ।

11. ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 332 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ 3·32 ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଅର୍‌ଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ରେ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନିର ଆବୃତ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଯଦି, (1) ପାଇପ୍‌ର ଦୁଇ ମୁଣ୍ଡ ଖୋଲା ଥାଏ, (2) ପାଇପ୍‌ର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଥାଏ । [ଉ: (1) 50 (2) 25]

12. ସ୍ପନ୍ଦନ କହିଲେ କଅଣ ବୁଝ ? 256 ଦୋଳନାଙ୍କ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କ ସହ ସ୍ପନ୍ଦନରେ ଥିବା 4 ସେ:ମି: ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବନ୍ଦ ଅର୍‌ଗାନ ପାଇପ୍‌ର ନିମ୍ନତମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 340 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ) (ଉ: 32 ସେ:ମି:)

13. 39 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 4 ସେ:ମି: ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବନ୍ଦ ଅର୍‌ଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ରୁ ମୂଳ ସ୍ୱର (Fundamental note) ଜାତ ହେଉଛି । ସମବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ

ଖୋଲା ଅର୍‌ଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ହେଲେ, ସେଥିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ମୂଳ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ବନ୍ଦ ପାଇପ୍‌ର ମୂଳ ସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ ସହିତ ସମାନ ହେବ ? (ଉ: 78 ସେ:ମି:)

14. କୌଣସି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କକୁ ନେଇ କୌଣସି ଏକ କାଚ ନଳୀର ମୁଣ୍ଡରେ ଧରିବାରୁ ନଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ 33 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭ ସହ ସଂବେଦନ କଲା । ନଳୀର ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବଢ଼ାଇ ଦେବାରୁ ସେହି ଫୋର୍କ ପୁନର୍ବାର 100·5 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭ ସହ ସଂବେଦନ କଲା । ପ୍ରାନ୍ତ ସଂଶୋଧନ ଓ ନଳୀର ବ୍ୟାସର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 0·75 ସେ:ମି:; 2·5 ସେ:ମି:)

15. ପରିଷ୍କାର ଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କରି ଗୋଟିଏ ଖୋଲା ଅର୍‌ଗାନ୍ ପାଇପ୍ ବର୍ଣ୍ଣନ କର ଓ ତାହାର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବୁଝାଇ ଦିଅ । ପାଇପ୍‌ର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡକୁ ହଠାତ୍ ବନ୍ଦ କରିଦେଲେ ପାଇପ୍‌ରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନିର ଆବୃତ୍ତିରେ କି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିବ ?

16. ବନ୍ଦ ଓ ଖୋଲା ଅର୍‌ଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

8 ଫୁଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଖୋଲା ଅର୍‌ଗାନ ପାଇପ୍‌ରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ମୂଳ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 1120 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ । (ଉତ୍ତର: 70)

ଚତୁର୍ବିଂଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ଧ୍ୱନିର ବେଗ

ସର୍ବପ୍ରଥମେ ନିଉଟନ୍ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗର ସୂତ୍ର $V_m = \sqrt{\frac{\text{ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ଗୁଣାଙ୍କ (E)}}{\text{ସାନ୍ଦ୍ରତା (d)}}}$ ବୋଲି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଥିଲେ, ସେ ପରମ ମାପରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପକୁ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତାରୂପେ ଧରିନେଇ ଏହି ସୂତ୍ରଟି ବାହାର କରିଥିଲେ ।

ମନେକର କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଚାପ ପ୍ରଥମେ P ଓ ତାହାର ଆୟତନ V ଥିଲା ! ମନେକର ସ୍ଥିର ତାପମାତ୍ରାରେ ତାହାର ଚାପ ଅତି ସାମାନ୍ୟମାତ୍ର, pରେ ବୃଦ୍ଧି ହେଲା ଓ ଏହାଫଳରେ ତାହାର ଆୟତନ ଅତି ସାମାନ୍ୟ ମାତ୍ରା vରେ ହ୍ରାସ ପାଇଲେ ଗ୍ୟାସ୍‌ଟିର ବୟଲଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ $PV = (P+p)(V-v) = PV - Pv + pV - vp$ ହେବ । v ଓ pର ମୂଲ୍ୟ ନିତାନ୍ତ କମ୍ ହୋଇଥିବା ଯୋଗୁଁ ସେ ଦୁଇଟିର ଗୁଣଫଳକୁ ନଗଣ୍ୟ ମନେକଲେ, $Pv = pV$ ହେବ ।

ଅଥବା $P = \dfrac{p}{\frac{v}{V}}$ ହେବ ।

ଏଠାରେ ପ୍ରତିବଳ (Stress) p ଦ୍ୱାରା ସଙ୍ଘଟିତ ହୋଇଥିବା ବିକୃତି (Strain)ର ପରିମାଣ v/V ଅଟେ ।

ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକର ସମଷ୍ଟୀୟ ଗୁଣାଙ୍କ (Bulk Modulus of Elasticity)ର ସଂଜ୍ଞା ଅନୁଯାୟୀ $E = \dfrac{\text{ପ୍ରତିବଳ}}{\text{ଆୟତନୀୟ ବିକୃତି}} = \dfrac{p}{\frac{v}{V}}$

କିନ୍ତୁ $P = \dfrac{p}{v/V}$

$E = P$

ଏହି ସମଷ୍ଟୀୟ ଗୁଣାଙ୍କକୁ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସମୋଷ୍ଣ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା (Isothermal Elasticity) କୁହାଯାଏ । ସୁତରାଂ ତାପମାତ୍ରା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥିଲେ ପରମ ଚାପ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତାକୁ ବୁଝାଏ ।

ଅତଏବ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ଗୁଣାଙ୍କ ସ୍ଥାନରେ ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ରରେ P ଲେଖିଲେ—
V ଗ୍ୟାସ $=\sqrt{P/d}$ ହେବ ।

0° C ତାପମାତ୍ରାରେ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମ ସକାଶେ—
$P=76\times 13{\cdot}6\times 981$ ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି:
ପୁଣି $d=0{\cdot}001293$ ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି:
∴ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ,

$$V_{\text{ବାୟୁ}}=\sqrt{\frac{76\times 13{\cdot}6\times 981}{0{\cdot}001293}}$$
$$=286 \text{ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ}$$

ଏହି ନିର୍ଣ୍ଣୀତ ମୂଲ୍ୟ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ବାହାରିଥିବା ମୂଲ୍ୟ, ଅର୍ଥାତ୍ 332 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ଠାରୁ ଯଥେଷ୍ଟ କମ୍ । ଏହି ବିଭେଦର କାରଣ ପ୍ରାୟ ଶହେ ବର୍ଷ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅମୀମାଂସିତ ହୋଇ ରହିଲା । ଶେଷରେ ଲାପ୍ଲେଶ (Laplace) ନାମକ ଜଣେ ଫରାସୀ ଗଣିତଜ୍ଞ ଏହାର ସମାଧାନ କରିପାରିଥିଲେ । ସେ ଯୁକ୍ତି କରିଥିଲେ ଯେ, କୌଣସି ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ମାଧ୍ୟମରେ ସମ୍ପୀଡ଼ନ (Compression) ଓ ବିରଳନ (Rarefaction) ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ତର ଏକାନ୍ତରରେ ସଙ୍କୁଚିତ ଓ ବିରଳିତ (Rarefied) ହୁଏ । ପୁଣି ଏହି ସମ୍ପୀଡ଼ନ ଓ ବିରଳନଗୁଡ଼ିକ ଏପରି କ୍ଷିପ୍ର ଗତିରେ ପରସ୍ପରର ଅନୁଗମନ କରନ୍ତି ଯେ ସ୍ତରଗୁଡ଼ିକର ସମ୍ପୀଡ଼ନବେଳେ ସେଥିରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଥିବା ତାପମାତ୍ରା କିମ୍ବା ବିରଳନବେଳେ ଜାତ ହେଉଥିବା ଶୀତଳତା ଖେଳି ନ ଯାଇ ଏକସ୍ଥାନରେ ସୀମାବଦ୍ଧ ହୋଇ ରହେ । ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ବାୟୁରେ ତାପ ପ୍ରବାହିତ (Dissipated) ହେବାକୁ ସମୟ ପାଏ ନାହିଁ । ସୁତରାଂ ମାଧ୍ୟମର ଏହି ସ୍ତରଗୁଡ଼ିକ ଦେଇ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ ସ୍ତରଗୁଡ଼ିକର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରହି ନ ଥାଏ । ଗ୍ୟାସର ଏହି ପ୍ରକାରର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ତାପରୋଧୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ (Adiabetic change) କୁହାଯିବ । ଅତଏବ ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଲାଗୁ ହୁଏ ନାହିଁ । କାରଣ ଏହି ନିୟମ ସମତାପୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ଏପରି ସ୍ଥଳେ ଏହି ସମୀକରଣ —

$PV^{\gamma}=$ ଏକ ସ୍ଥିରଙ୍କ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଏଠାରେ γ ହେଉଛି ସ୍ଥିର ଚାପରେ ବାୟୁର **ଆପେକ୍ଷିକ ତାପ**, C_p ଓ ସ୍ଥିର ଆୟତନରେ ବାୟୁର **ଆପେକ୍ଷିକ ତାପ**, C_vର ଅନୁପାତ । ବାୟୁ ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଦ୍ୱିପରମାଣବିକ (Diatomic) ଗ୍ୟାସ୍ ସକାଶେ γର ମୂଲ୍ୟ 1·41 ହେବ ।

24.1 ଗ୍ୟାସ୍‌ର ତାପରୋଧୀ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା :

ହିସାବ କରି ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ, ତାପରୋଧୀ ସମ୍ପର୍କ ମାନୁଥିବା କୌଣସି ଗ୍ୟାସର ସମଷ୍ଟୀୟ ଗୁଣାଙ୍କ, $E=\gamma P$ ।

ମନେକର କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଚାପ P ରୁ $P+p$ କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲା । ପୁଣି ତାହାର ଆୟତନ Vରୁ $V-v$କୁ ହ୍ରାସ ପାଇଲା ।

ତେବେ, $PV^{\gamma} = (P+p)\,(V-v)^{\gamma}$

$$= (P+p)V^{\gamma}\left(1-\frac{v}{V}\right)^{\gamma}$$

$$= (P+p)V^{\gamma}\left(1-\frac{\gamma v}{V}\right)$$

$$= PV^{\gamma} + pV^{\gamma} - \gamma PvV^{\gamma-1} - \gamma pvV^{\gamma-1}$$

(ନିତାନ୍ତ କମ୍ ଯୋଗୁଁ ଦ୍ୱିତୀୟ ମାତ୍ରାରୁ ଅଧିକ ପଦକୁ ଉପେକ୍ଷା କରିଦେଲେ)

$pV^{\gamma} = \gamma PvV^{\gamma-1}$

ବା $pV = \gamma Pv$

ବା $\gamma P = \frac{p}{v/V} = E$ (E, ତାପରୋଧୀ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା ଗୁଣାଙ୍କ)

ସୁତରାଂ ତାପରୋଧୀ ଅବସ୍ଥା ପାଳନ କରୁଥିବା କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗର ସମୀକରଣ V ଗ୍ୟାସ୍ $= \sqrt{\frac{\gamma P}{d}}$ ହେବ । ଏହି ସଂଶୋଧିତ ସମୀକରଣ ଲପ୍‌ଲେଶଙ୍କ ସମୀକରଣ ରୂପେ ପରିଚିତ ।

ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ସକାଶେ $0°C$ ତାପମାତ୍ରାରେ P ଓ dର ମୂଲ୍ୟ ଏହି ସମୀକରଣରେ ସ୍ଥାପନ କଲେ—

V ବାୟୁ $= \sqrt{\frac{1{\cdot}41 \times 76 \times 13{\cdot}6 \times 981}{0{\cdot}001293}}$ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ

$= 332{\cdot}4$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ

ଏହି ମୂଲ୍ୟ ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଥିବା ମୂଲ୍ୟ ସହିତ ପ୍ରାୟ ସମାନ । ସୁତରାଂ ଏହା ଲପ୍‌ଲେଶଙ୍କ ସଂଶୋଧନର ସତ୍ୟତା ପ୍ରତିପାଦନ କରୁଛି ।

ଉଦାହରଣ :

ଗୋଟିଏ ରେଲଲାଇନ୍‌ର ଇସ୍ପାତ ଧାରଣାରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଇସ୍ପାତର ଓଜନ ସାନ୍ଦ୍ରତା 490 ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ; ପୁଣି ଇସ୍ପାତ ସକାଶେ ୟଙ୍ଗଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ $= 29 \times 10^{6}$ ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଇଞ୍ଚ ।

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} = \sqrt{\frac{Yg}{D}}$$

$$= \sqrt{\frac{(29 \times 10^{6} \times 144 \text{ ପାଉଣ୍ଡ/ବର୍ଗଫୁଟ})\ (32 \text{ ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ}^{2})}{490 \text{ ପାଉଣ୍ଡ/ଘନଫୁଟ}}}$$

$= 1{\cdot}6 \times 10^{4}$ ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ

24.2 ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଉପରେ ଚାପର ପ୍ରଭାବ :

ଯଦି ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରଖି ତାହାର ଚାପକୁ କେବଳ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇ ପାରନ୍ତା, ତେବେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗରେ ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟନ୍ତା; କିନ୍ତୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରହିଥିଲେ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ତାହାର ଚାପ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ରହିବ, କାରଣ—$P \propto 1/V$ ପୁଣି $D \propto 1/V$

$$\therefore P \propto D$$

ସୁତରାଂ $\sqrt{\frac{\gamma P}{d}}$ ବ୍ୟଞ୍ଜକ (Expression)ର ଉଭୟ ଲବ ଓ ହରର ସମାନୁପାତରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ । ଅତଏବ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମକୁ ମାନୁଥିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯେକୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଗ୍ୟାସର ଚାପ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । ସୁତରାଂ ଚାପମାନଯନ୍ତ୍ରର ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ଉଚ୍ଚତାରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିଲେ ସେହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଉପରେ କୌଣସି ପ୍ରଭାବ ପକାଏ ନାହିଁ । ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୀତ ହୋଇଛି ଯେ କୌଣସି ଉଚ୍ଚ ପର୍ବତ ଉପରେ ବା ସମୁଦ୍ର ପତ୍ତନଠାରେ ମଧ୍ୟ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ସମାନ ।

24.3 ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଉପରେ ତାପମାତ୍ରାର ପ୍ରଭାବ :

ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । ଫଳରେ $\sqrt{\frac{\gamma P}{d}}$ ବ୍ୟଞ୍ଜକର ଲବ ତାପମାତ୍ରାର ପରିବର୍ତ୍ତନରେ ବଦଳେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା ତାହାର ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ମନେକର କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍‌ର T_0 ପରମତାପମାତ୍ରା T_1 କୁ ବଦଳେ ଓ ତାହାର ଅନୁରୂପ ସାନ୍ଦ୍ରତା d_0 ରୁ d_1 ହୁଏ, ତେବେ —

$$\frac{d_0}{d_1} = \frac{T_1}{T_0}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ 0°C ବା T_0 ପରମ ତାପମାତ୍ରାରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗର ସମୀକରଣ ହେଉଛି

$$V_0 = \sqrt{\frac{\gamma P}{d_0}}$$

ପୁଣି T_1 ପରମ ତାପ ମାତ୍ରାରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ—

$$V_1 = \sqrt{\frac{\gamma P}{d_1}} = \sqrt{\frac{\gamma P \cdot T_1}{d_0 T_0}}$$

$$\left(d_1 = \frac{d_0 T_0}{T_1} \right)$$

$$\therefore V_1 = V_0 \left(\sqrt{\frac{T_1}{T_0}} \right) \text{ ବା } \frac{V_1}{V_0} = \sqrt{\frac{T_1}{T_0}}$$

ଅର୍ଥାତ୍ ବାୟୁରେ କିମ୍ବା ଯେକୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ବାୟୁର କିମ୍ବା ଗ୍ୟାସ୍‌ର ପରମ ତାପମାତ୍ରାର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ । ବାୟୁର ତାପମାତ୍ରାକୁ ସେଣ୍ଟି-

ଗ୍ରେଡ୍ ସ୍କେଲ୍‌ରେ ପ୍ରକାଶ କଲେ ଯଦି ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 0°Cରେ V_0 ହୁଏ ପୁଣି t° C ରେ V_t ହୁଏ, ତେବେ ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ

$$V_t = V_0 \sqrt{\frac{273+t}{273}}$$

ବା $V_t = V_0\sqrt{1+t/273}$ ହେବ;

ଯେଉଁଥିରେ କି 1/273 ହେଉଛି ବାୟୁର (କିମ୍ବା ଯେକୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ର) ପ୍ରସାରଣ ଗୁଣାଙ୍କ (Coefficient of Expansion, α)

ଅତଏବ ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ର ହେବ—

$$V_t = V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)^{\frac{1}{2}}$$

ଏଠାରେ tର ମୂଲ୍ୟ 273 ତୁଳନାରେ କମ୍ ହେଲେ ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ର ହେବ ।

$$V_t = V_0(1 \times 1/2 \times t/273) \text{ ବା } V_0\left(1+\frac{t}{546}\right)$$

ଯେକୌଣସି ତାପମାତ୍ରାରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ତାହାର ମୂଲ୍ୟ 0°Cରେ ଏହି ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ ଗଣନା କରାଯାଇପାରିବ । ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ସାଧାରଣ ତାପ ମାତ୍ରାରେ ପ୍ରତି ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିବେଳେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ପ୍ରାୟ 61 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । କାରଣ 0°Cରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 33200 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ।

1°C ରେ ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ହେବ—33200 (1+1/546)

$= 33200 + 60{\cdot}8$

ବା ପ୍ରାୟ 33261 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ହେବ ।

ଆଉ ଗୋଟିଏ ବିଷୟ ପ୍ରତି ମଧ୍ୟ ଦୃଷ୍ଟି ଦେବାକୁ ହେବ :

କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍ ସକାଶେ $V = \sqrt{\frac{\gamma P}{d}}$ .... (1)

ପୁଣି କୌଣସି ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ୍ ସକାଶେ $PV = nRT$ ......(2)

ଯେଉଁଥିରେକି n ହେଉଛି ଗ୍ୟାସ୍‌ର ପରମାଣୁର ସଂଖ୍ୟା, R ହେଉଛି ସାର୍ବଜନୀନ ଗ୍ୟାସ୍ ସ୍ଥିରାଙ୍କ, ପୁଣି T ପରମ ତାପମାତ୍ରା । ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $m = nM$, ଯେଉଁଥିରେକି M ହେଉଛି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ।

ତେବେ $PV = \frac{m}{M} RT$........... (3)

$$\frac{P}{d} = \frac{P}{m/V} = \frac{RT}{M} \quad ....(4)$$

ସୁତରାଂ ସମୀକରଣ (1)ରୁ $V = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$ .... (5)

ସମୀକରଣ (5)ରୁ ମଧ୍ୟ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ବେଗ ଚାପ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ; କିନ୍ତୁ ତାହା ପରମ ତାପମାତ୍ରାର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ଅଟେ ।

24.4 ବାୟୁ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ :

ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ତୁଳନାରେ ଅନ୍ୟ ଗ୍ୟାସ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଭିନ୍ନ ହୋଇ ଥିବାରୁ ଅନ୍ୟ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ବାୟୁରେ ପରିବେଗଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହେବ । ପରିବେଗଗୁଡ଼ିକର ସମ୍ପର୍କ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣରୁ ବୁଝାପଡ଼ିବ ।

$$V_{\text{ବାୟୁ}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{d_{\text{ବାୟୁ}}}} \; ; \; V_{\text{ଗ୍ୟାସ୍}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{d_{\text{ଗ୍ୟାସ୍}}}}$$

(ଗ୍ୟାସ୍ ଓ ବାୟୁ ଉଭୟର γ ସମାନ ହେଲେ)

$$\frac{V_{\text{ବାୟୁ}}}{V_{\text{ଗ୍ୟାସ୍}}} = \sqrt{\frac{d_{\text{ଗ୍ୟାସ୍}}}{d_{\text{ବାୟୁ}}}}$$

ଅର୍ଥାତ୍ କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଗ୍ୟାସର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ଅଟେ ।

ସୁତରାଂ ଅମ୍ଳଜାନର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉଦ୍‌ଜାନର ସାନ୍ଦ୍ରତାର 16 ଗୁଣ ହୋଇଥିବା ଯୋଗୁଁ

$$\frac{V_{\text{ଉଦ୍‌ଜାନ}}}{V_{\text{ଅମ୍ଳଜାନ}}} = \sqrt{\frac{16}{1}} = 4$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ $\frac{V_{\text{ଉଦ୍‌ଜାନ}}}{V_{\text{ବାୟୁ}}} = \sqrt{\frac{0 \cdot 001293}{0 \cdot 0000899}} = 3 \cdot 79$

$\therefore$ 0°c ତାପମାତ୍ରାରେ $V_{\text{ଉଦ୍‌ଜାନ}}$

$= 332 \times 3 \cdot 79$

$= 1258$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ

ଉଦାହରଣ :

0°c ତାପମାତ୍ରାରେ ଉଦ୍‌ଜାନରେ ଧ୍ୱନିର ତାତ୍ତ୍ୱିକ ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଦ୍ୱିପରମାଣ୍ୱିକ ଗ୍ୟାସ୍‌ର $\gamma = 1 \cdot 40$ ପୁଣି ଉଦ୍‌ଜାନର $M = 2 \cdot 016$ କି:ଗ୍ରା:/ମଲିକୁଲ

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 40[8 \cdot 317 \text{ ଜୋଲ୍}/(\text{ମୋଲ})(k^{\circ})](273^{\circ}k)}{2 \cdot 016 \times 10^{-3} \text{ କି:ଗ୍ରା:/ମୋଲ}}}$$

$$= \sqrt{\frac{1 \cdot 40 \times 8 \cdot 317 \times 273 \text{ ଜୋଲ}}{2 \cdot 016 \times 10^{-3} \text{ କି:ଗ୍ରା:}}}$$

$= 1 \cdot 25 \times 10^{3}$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ

24.5 ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଉପରେ ବାୟୁର ଆର୍ଦ୍ରତାର ପ୍ରଭାବ :

ଯେକୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଜଳୀୟ ବାଷ୍ପର ସାନ୍ଦ୍ରତା ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅପେକ୍ଷା କମ୍ (ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପ୍ରାୟ 5/8 ଅଂଶ) । ସୁତରାଂ ବାୟୁରେ ଜଳୀୟ ବାଷ୍ପ ମିଶି ରହିଥିଲେ ଏହି ମିଶ୍ରଣର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଶୁଷ୍କ ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ହୋଇଯାଏ । ଏହାଫଳରେ ଆର୍ଦ୍ର ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ସେହି ତାପମାତ୍ରାରେ ଶୁଷ୍କ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଅପେକ୍ଷା ବେଶୀ ହୁଏ ।

କୌଣସି ତାପମାତ୍ରାରେ ଶୁଷ୍କ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ସେହି ତାପମାତ୍ରାରେ ବାୟୁର ଆପେକ୍ଷିକ ଆର୍ଦ୍ରତା (Relative Humidity) ଜାଣିବା ଦରକାର । ସେଥିରୁ ଶୁଷ୍କ ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ତୁଳନାରେ ଆର୍ଦ୍ର ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ । ଏହି ଦୁଇ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ଅନୁପାତରୁ ପୁଣି ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଥିବା ଆର୍ଦ୍ର ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗରୁ ଶୁଷ୍କ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ପୂର୍ବ ଅନୁଚ୍ଛେଦର ସୂତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ ।

ସାରାଂଶ

1. (କ) କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ନିଉଟନ୍ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଥିବା ସୂତ୍ର :

$$V_m = \sqrt{\frac{\text{ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା ଗୁଣାଙ୍କ (E)}}{\text{ସାନ୍ଦ୍ରତା (d)}}}$$

(ଖ) କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ, $V_{\text{ଗ୍ୟାସ୍}} = \sqrt{\frac{\text{ଚାପ (P)}}{\text{ସାନ୍ଦ୍ରତା (d)}}}$

(ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର)

(ଗ) ପୁଣି ସେହି $V_{\text{ଗ୍ୟାସ୍}} = \sqrt{\frac{\gamma \times \text{ଚାପ (P)}}{\text{ସାନ୍ଦ୍ରତା (d)}}}$

(ଲାପଲେସ୍‌ଙ୍କ ସଂଶୋଧିତ ସୂତ୍ର)

$$= \sqrt{\frac{\gamma \times R(\text{ଗ୍ୟାସ ସ୍ଥିରାଙ୍କ}) \times T(\text{ପରମ ତାପମାତ୍ରା})}{M\ (\text{ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ})}}$$

$$\gamma = \frac{C_p\ (\text{ସ୍ଥିର ଚାପରେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ})}{C_v\ (\text{ସ୍ଥିର ଆୟତନରେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ})}$$

2. (କ) ବାୟୁରେ କିମ୍ବା ଯେକୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ବାୟୁର କିମ୍ବା ଗ୍ୟାସ୍‌ର ପରମ ତାପମାତ୍ରାର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ।

ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{V_1}{V_0} = \sqrt{\frac{T_1}{T_0}}$

(ଖ) $0°c$ ତାପମାତ୍ରାରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ = 332 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ବା 1092 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ।

(ଗ) ପ୍ରତି ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିବେଳେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 60·6 ସେ:ମି: ବା 2 ଫୁଟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

(ଘ) କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ, ଯଥା: $\frac{V\ \text{ଉଦ୍‌ଜାନ}}{V\ \text{ଅମ୍ଳଜାନ}} = \sqrt{\frac{\text{ଅମ୍ଳଜାନର ସାନ୍ଦ୍ରତା}}{\text{ଉଦ୍‌ଜାନର ସାନ୍ଦ୍ରତା}}} = \sqrt{\frac{16}{1}} = 4$

3. ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଚାପରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିଲେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ନାହିଁ ।

4· ଶୁଷ୍କ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଅପେକ୍ଷା ସେହି ତାପମାତ୍ରାରେ ଆର୍ଦ୍ର ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ବେଶୀ ହୁଏ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ଓ ତାପମାତ୍ରାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିଲେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ କି ରୂପେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ବୁଝାଅ ।

2. ଜଣେ ଦର୍ଶକ କୌଣସି ସୁଦୂର ଅଟ୍ଟାଳିକାସ୍ଥ ସଙ୍କେତସୂଚକ ବନ୍ଧୁକର ଗୁଳି ଶବ୍ଦ ଶୁଣି ନିଜର ଘଡ଼ିଟିକୁ ଠିକ୍ କଲେ । ପରେ ସେ ଦେଖିଲେ ଯେ ତାଙ୍କର ଘଡ଼ିଟି ଦୁଇସେକେଣ୍ଡ ପଛେଇ ଯାଇଛି । ଦର୍ଶକ ଓ ଅଟ୍ଟାଳିକା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଘଡ଼ି ଠିକ୍ କରିଥିବା ସମୟରେ ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳର ତାପମାତ୍ରା $15^{\circ}C$ ଥିଲା ଓ $0^{\circ}C$ରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 332 ମିଟର/ ସେକେଣ୍ଡ । (ଉ: 682·24 ମିଟର)

3. ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସକାଶେ ନିଉଟନ୍ ଯେଉଁ ସୂତ୍ର ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ ତାହା ଉଲ୍ଲେଖ କର । ପରେ ଲପ୍‌ଲେଶ କି ଯୁକ୍ତି ଦର୍ଶାଇ ସେହି ସୂତ୍ରକୁ କି ରୂପେ ସଂଶୋଧନ କରିଥିଲେ ତାହା ବିଶଦଭାବେ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

4. ଏକମାଇଲ ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି କାରଖାନାର ମଧ୍ୟାହ୍ନ ହୁଇସିଲ ଶବ୍ଦ ଶୁଣି ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି ତାଙ୍କର ଘଡ଼ିଟିକୁ ଠିକ୍ କଲେ । କାରଖାନାର ଘଣ୍ଟାଠାରୁ ତାଙ୍କର ଘଡ଼ି କେତେ ସେକେଣ୍ଡ ପଛେଇ ଯିବ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 1120 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ) (ଉ: 4·7 ସେକେଣ୍ଡ)

5. 100 ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଇସ୍ପାତ ନଳୀ କୌଣସି ଏକ ଉଚ୍ଚ କୋଠାଘରର ଉପର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବ୍ୟାପି ରହିଛି । କୋଠାର ପାଦ ଦେଶରେ ଥିବା ଜଣେ ଶ୍ରମିକ ହାତୁଡ଼ି ସାହାଯ୍ୟରେ ନଳୀଟିକୁ ଆଘାତ କଲା । କୋଠାର ଉପରେ ଥିବା ଜଣେ ଲୋକ ଗୋଟିକ ପରେ ଗୋଟିଏ କରି ଦୁଇଟି ଶବ୍ଦ ଶୁଣିଲା । କୋଠା ଉପରର ଲୋକ କେତେ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଶବ୍ଦ ଦୁଇଟି ଶୁଣିଲା, ତାହା ନିମ୍ନ ପ୍ରଦତ୍ତ ସୂଚନାରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
ଇସ୍ପାତର ୟଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ—2×10^{12} ଡାଇନ/ବର୍ଗ ସେ:ମି:
ଇସ୍ପାତର ସାନ୍ଦ୍ରତା—7·8 ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି:
ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ—760 ମିଲିମିଟରର ପାରଦ
ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା—0·001293 ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି:
ବାୟୁରେ γର ମୂଲ୍ୟ—1·41 (ଉ: 0·28 ସେକେଣ୍ଡ)

6. ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 1200 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ଧରିନେଇ 512 ଦୋଳନାଙ୍କ (Frequency) ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ସ୍ୱରର ଉଦ୍‌ଜାନରେ ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉଦ୍‌ଜାନ ତୁଳନାରେ ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା 14·4) (ଉ: 8·9 ମିଟର)

7. କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ର ତାପମାତ୍ରାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ସେଥିରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗରେ କି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ?

$0°$ରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 332 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ, $30°$ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ କେତେ ହେବ ? (ଉ: 350·24 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ)

8. ପ୍ରମିତ ଗ୍ରପ ଓ ତାପମାତ୍ରାରେ ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଲିଟର ପ୍ରତି 1·3 ଗ୍ରାମ୍ ଧରିନେଇ $20°c$ ତାପମାତ୍ରାରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ବାୟୁର ପ୍ରମିତ ଗ୍ରପ 1034 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ/ବର୍ଗ ସେ:ମି: ଓ ବାୟୁ ସକାଶେ γର ମୂଲ୍ୟ 1·4; ପୁଣି 'g'ର ମୂଲ୍ୟ 981 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ^2 (ଉ: 342·61 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ)

9. ସମ୍ବେଦନ କହିଲେ କଅଣ ବୁଝାଯାଏ ? ସମ୍ବେଦନ ପ୍ରଣାଳୀରେ $0°$ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ତାପମାତ୍ରାରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ କି ରୂପେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବ ବର୍ଣ୍ଣନ କର । ଗଣନ ଦ୍ୱାରା ମାନକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଗ୍ରପରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ କିପରି ବାହାର କରିବ, ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

10. କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ସକାଶେ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର (Formula) ଲେଖି ସେଥିପ୍ରତି ଲାପଲେସ୍‌ଙ୍କ ସଂଶୋଧନ ପ୍ରୟୋଗ କର । ବାୟୁର ଆର୍ଦ୍ରତା ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଉପରେ କି ପ୍ରଭାବ ପକାଇଥାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

11. ଗ୍ୟାସ୍ ଅପେକ୍ଷା କଠିନ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକରେ ଧ୍ୱନି ଅଧିକ ଦ୍ରୁତରେ ଗତି କରେ କାହିଁକି ?

12. କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ର ତାପମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ସେଥିରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ କାହିଁକି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ?

13. ଆଲୁମିନିୟମର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 2·6 ପୁଣି ୟଙ୍ଗଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ $7·8 \times 10^{11}$ ଡାଇନ/ବର୍ଗ ସେ:ମି: । 90 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ଆଲୁମିନିୟମ ଦଣ୍ଡକୁ ତା'ର ମଧ୍ୟ ବିନ୍ଦୁ ଠାରେ ଭିଡ଼ି ରଖାଯାଇଛି । ଦଣ୍ଡଟିକୁ ରେଜିନ୍ ଯୁକ୍ତ କନାରେ ଆଘାତ ଦେଇ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ କମ୍ପନରେ ରଖାଗଲା । (କ) ଦଣ୍ଡରେ ସଂପାଦ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ବେଗ: (ଖ) ଦଣ୍ଡରେ ଏହି ତରଙ୍ଗର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ, (ଗ) ଜାତହେବା ଧ୍ୱନିର ଆବୃତ୍ତି, ପୁଣି (ଘ) ଧ୍ୱନି-ତରଙ୍ଗର ବାୟୁରେ ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ: $5·5 \times 10^5$ ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ, 180 ସେ:ମି:; 3000/ସେକେଣ୍ଡ; 11 ସେ:ମି:)

14. ସମୀକରଣ (5) ସାହାଯ୍ୟରେ ସତ୍ୟାପନ କର ଯେ ବାୟୁର ତାପମାତ୍ରା $0°c$ରୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ଡିଗ୍ରୀ ବୃଦ୍ଧିରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ପ୍ରାୟ 2 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ ।

15. ଅମ୍ଳଜାନର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉଦ୍‌ଜାନର ସାନ୍ଦ୍ରତାର 16 ଗୁଣ, ଉଭୟ ସକାଶେ $\gamma = 1 \cdot 40$. 0°cରେ ଅମ୍ଳଜାନରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 1041 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ, ଉଦଜାନରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ କେତେ ହେବ ? (ଉ: 4160 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

16. 0°c ତାପମାତ୍ରାରେ ଉଦ୍‌ଜାନରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ $1 \cdot 258 \times 10^3$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ହୋଇଥିଲେ ପୁଣି ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଉଦ୍‌ଜାନ ଠାରୁ 14 ଗୁଣ ଭରି ହୋଇଥିଲେ 77°c ତାପମାତ୍ରାରେ ଯବକ୍ଷାରଜାନରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ କେତେ ହେବ, ଗଣନ କର ।

(ଉ: 383·5 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ)

17. ପ୍ରମାଣ ତାପକ୍ରମ ଓ ଚାପରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ଅମ୍ଳଜାନରେ 314·0 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ପୁଣି ବାୟୁରେ 331·0 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ । କୌଣସି ଦିନ ବାୟୁର ତାପମାତ୍ରା 27°c ପୁଣି ଚାପ 73·0 ସେ:ମି:ର ପାରଦ ଥିଲେ, ସେହିଦିନ ଧ୍ୱନିର ବେଗ କେତେ ହେବ ? ଉଦ୍‌ଜାନର ଆଣବିକ ଗୁରୁତ୍ୱ 2·016 ପୁଣି ଅମ୍ଳଜାନର 32·0 ହେଲେ, ଏହି ପ୍ରମାଣ ତାପକ୍ରମ ଓ ଚାପରେ ଉଦ୍‌ଜାନରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ କେତେ ହେବ ?

(ଉ: 347 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ, 1250 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ)

18. ଏହା କ'ଣ ସତ ଯେ, କୌଣସି ଗରମ ଶୁଷ୍କ ଦିନ ଅପେକ୍ଷା ଶୀତଳ ଆର୍ଦ୍ର ଦିନରେ ଆମ୍ଭେମାନେ ଭଲଭବେ ଶୁଣିପାରୁ ? କାରଣ ବୁଝାଅ ।

19. ଯେତେବେଳେ ଧ୍ୱନି-ତରଙ୍ଗ ଭିନ୍ନ ଧ୍ୱନିର ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରବେଶ କରେ, ସେତେବେଳେ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, କିନ୍ତୁ ତା'ର ଆବୃତ୍ତି ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । 1000 ଆବୃତ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ଧ୍ୱନି ବାୟୁରୁ ବାହାରି ଅମ୍ଳଜାନରେ ପ୍ରବେଶ କଲେ ତାହାର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟରେ କେଉଁ ପରିମାଣର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିବ ? (ଅମ୍ଳଜାନର ସାନ୍ଦ୍ରତା=1·429 ଗ୍ରାମ୍/ଲିଟର) ।

(ଉ: ଅମ୍ଳଜାନରେ ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ $\lambda_o = \frac{\lambda_a}{1 \cdot 05}$ ହେବ ।)

---

c

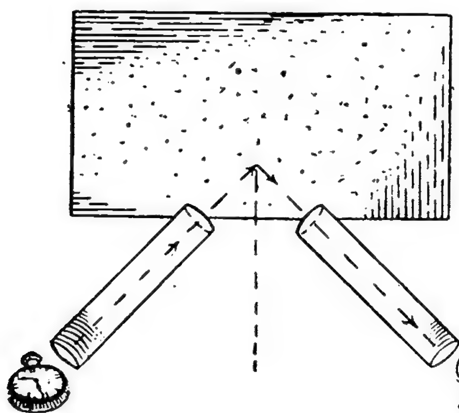
ପଞ୍ଚବିଂଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ

କୌଣସି ଏକ ସମଧର୍ମୀ ମାଧ୍ୟମରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ସମଧର୍ମୀ ମାଧ୍ୟମକୁ ଧ୍ୱନି ଗତିକଲାବେଳେ ଧ୍ୱନି ଶକ୍ତିର କିୟଦଂଶ ପ୍ରଥମ ମାଧ୍ୟମକୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇଥାଏ; ପୁଣି ଅନ୍ୟ ଅଂଶଟି ଦ୍ୱିତୀୟ ମାଧ୍ୟମକୁ ସଞ୍ଚାରିତ ହୁଏ ।

25.1 ପ୍ରତିଫଳନ ପରୀକ୍ଷା :

(1) ଆୟତାକାର ଖଣ୍ଡେ ବଡ଼ କାଷ୍ଠ ଫଳକ ନେଇ ଟେବୁଲ ଉପରେ ଭୂଲମ୍ବରେ ଭିଡ଼ି ରଖ । କାଷ୍ଠ ଫଳକର ଗୋଟିଏ ପାଖରେ ଗୋଟିଏ ଲମ୍ବା ଧାତବ ନଳୀ ଆନତରେ ରଖି ନଳୀର ସମ୍ମୁଖରେ ଗୋଟିଏ ଘଡ଼ି ରଖ (ଚିତ୍ର 147) ।



(ଚିତ୍ର 147)

ଆଉ ଗୋଟିଏ ଲମ୍ବା ଧାତବ ନଳୀ ନେଇ କାଷ୍ଠ ଫଳକର ଅନ୍ୟ ପାଖରେ ଏପରି ଭାବରେ ଆନତ କରି ରଖିବ ଯେ, ନଳୀ ଦୁଇଟିର ଅକ୍ଷ ଦୁଇଟି (Axes) କାଷ୍ଠ ଫଳକର ମଧ୍ୟଭାଗକୁ ମୁହାଁଇ ରହିବେ । ଆଉ ଗୋଟିଏ କାଷ୍ଠ ଫଳକ ନେଇ ଏହି ଦୁଇ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଭୂଲମ୍ବରେ ରଖ । ଏହା କରିବା ଦ୍ୱାରା ଘଡ଼ିର ଟିକ୍ ଟିକ୍ ଶବ୍ଦ ଫଳକର ଅନ୍ୟ ପାଖକୁ ସିଧାରେ ଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଦ୍ୱିତୀୟ ନଳୀର ଶେଷ ମୁଣ୍ଡ ନିକଟରେ କର୍ଣ୍ଣ ରଖି ନଳୀଟିକୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ବୁଲାଇଲେ ନଳୀର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ଘଡ଼ିର ଟିକ୍ ଟିକ୍ ଶବ୍ଦ ପରିଷ୍କାର ଶୁଣାଯିବ । ନଳୀଟିକୁ ସେହି ସ୍ଥାନରେ ସ୍ଥିରରେ ରଖିଦିଅ । ବର୍ତ୍ତମାନ ନଳୀ ଦୁଇଟିର ଅକ୍ଷରେଖା ଦୁଇଟି କାଷ୍ଠ ଫଳକ ଦିଗରେ ଟାଣ । ଏ ଦୁଇଟି ରେଖା କାଷ୍ଠ ଫଳକ ସହିତ ମିଳିତ ହେବା ବିନ୍ଦୁଠାରେ କାଷ୍ଠ ଫଳକ ପ୍ରତି ଏକ ଅଭିଲମ୍ବ ଟାଣ । ଏହି ଅଭିଲମ୍ବ ସହିତ ନଳୀ ଦୁଇଟିର ଅକ୍ଷ ଉତ୍ପାଦନ କରୁଥିବା କୋଣ ଦୁଇଟି ମାପି ଲେଖ । ଦେଖିବ, ଏ ଦୁଇଟି କୋଣର ମୂଲ୍ୟ ସମାନ ହେବ । ସୁତରାଂ କାଷ୍ଠ ଫଳକ ପୃଷ୍ଠରେ ଧ୍ୱନିର ଆପତନ କୋଣ ତାହାର ପ୍ରତିଫଳନ କୋଣ ସହିତ ସମାନ ।

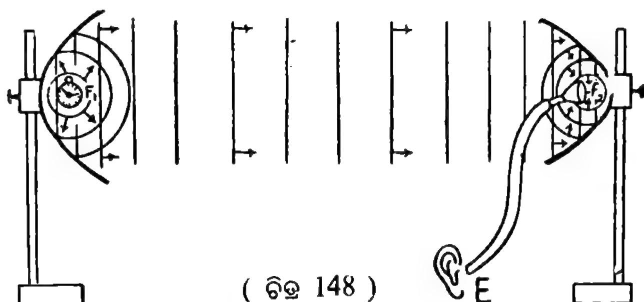
ଏଥିରୁ ଅନୁମିତ ହୁଏ ଯେ, ଧ୍ୱନି ମଧ୍ୟ ଆଲୋକ ରଶ୍ମିର ପ୍ରତିଫଳନର ନିୟମ ପାଳନ କରେ ।

ବକ୍ରତଳରୁ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରତିଫଳନ :

ପରୀକ୍ଷା (2) :

(2) କ୍ଷୀଣ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଜାତ କରୁଥିବା ଏକ ଉତ୍ସ ନିଅ । ଗୋଟିଏ ଘଡ଼ି ନେଲେ ଠିକ୍ ହେବ । ଷ୍ଟାଣ୍ଡରେ ଭିଡ଼ା ହୋଇଥିବା ଗୋଟିଏ ପରିବଳୟ ଦର୍ପଣର ରଶ୍ମିକେନ୍ଦ୍ର F_1 ଠାରେ

ଘଡ଼ିଟିକୁ ନେଇ ରଖ । ଏହି ଦର୍ପଣର ସମ୍ମୁଖରେ କିଛି ଦୂରରେ ଆଉ ଗୋଟିଏ ଅନୁରୂପ ଦର୍ପଣ ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ ଷ୍ଟାଣ୍ଡରେ ଭିଡ଼ି ରଖ (ଚିତ୍ର 148) ।



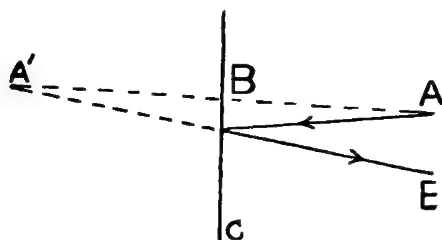
(ଚିତ୍ର 148)

ଦେଖିବ, ଦର୍ପଣ ଦୁଇଟିର ଅକ୍ଷ ଦୁଇଟି ଯେପରି ଏକ ସରଳରେଖାରେ ରହିବେ । ତା'ପରେ ରବର ନଳୀଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବା ଗୋଟିଏ ଫୁଲଣାକୁ ନେଇ ତାହାର ମୁହଁକୁ ଦ୍ୱିତୀୟ ଦର୍ପଣର ରଶ୍ମିକେନ୍ଦ୍ର F_2 ଠାରେ ରଖି ରବର ନଳୀର ମୁକ୍ତ ମୁଣ୍ଡଟି କର୍ଣ୍ଣ E ପାଖରେ ରଖିଲେ ଘଡ଼ିର ଟିକ୍ ଟିକ୍ ଶବ୍ଦ ପରିଷ୍କାର ଶୁଣାଯିବ । ଏଠାରେ ଘଡ଼ିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଥମ ଦର୍ପଣରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ସମତଳ ତରଙ୍ଗରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି ସମତଳ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱିତୀୟ ଦର୍ପଣରେ ଆପତିତ ହୋଇ ତାହା ପୃଷ୍ଠରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଅନ୍ତି । ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ପୁଣି ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ଧାରଣ କରି ସେହି ଦର୍ପଣର ଫୋକସ୍ F_2 ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି । ସେହି କାରଣରୁ ଫୋକସ F_2 ଠାରେ ଫୁଲଣାର ମୁହଁ ରଖିଲେ ଘଡ଼ିର ଟିକ୍ ଟିକ୍ ଶବ୍ଦ ପରିଷ୍କାର ଶୁଣାଯାଏ ।

25.2 ପ୍ରତିଧ୍ୱନି :

କୌଣସି ସମତଳ କାନ୍ଥରୁ ଧ୍ୱନି ପ୍ରତିଫଳିତ ହେଲେ ଏକ ଧ୍ୱନି ପ୍ରତିବିମ୍ବ (Sound image)ର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ମନେକର ଜଣେ ଦର୍ଶକ E ଠାରେ ଅବସ୍ଥାନ କରୁଛି (ଚିତ୍ର 149) ।

ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ସ Aରୁ ସିଧାରେ ତରଙ୍ଗ ଗତି କରି ତାହାର କର୍ଣ୍ଣରେ ପ୍ରବେଶ କରେ । ସେଥିସଙ୍ଗେ ସମତଳ କାନ୍ଥ BCରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇଥିବା ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ A^1 ଠାରୁ ଗତି କଲା ଭଳି ଅନୁଭୂତ ହୋଇ ତାହାର କର୍ଣ୍ଣରେ ପ୍ରବେଶ କରେ । ଅର୍ଥାତ୍ ଅଳ୍ପ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗମାଳା E ଠାରେ ଯାଇ ପହଞ୍ଚିବା ଯୋଗୁଁ ଗୋଟିଏ ଧ୍ୱନି ଅନ୍ୟ ଧ୍ୱନିଠାରୁ ପୃଥକ୍‌ରେ ଜାଣି ହୁଏ ନାହିଁ । ସମତଳ କାନ୍ଥ, ଛାତ ଓ ତଳଥିବା କୌଣସି ସାଧାରଣ କୋଠରୀରୁ ମଧ୍ୟ ଧ୍ୱନି ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇଥାଏ; କିନ୍ତୁ ସେଠାରେ ମଧ୍ୟ



(ଚିତ୍ର 149)

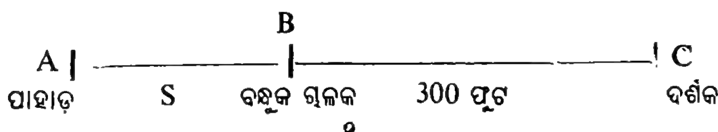
ସିଧା ଧ୍ୱନି ଓ ପ୍ରତିଫଳିତ ଧ୍ୱନି ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍‌ରେ ଶୁଣାଯାଏ ନାହିଁ । ସେଠାରେ ଧ୍ୱନିର ଏହି ପ୍ରତିଫଳନର ପ୍ରଭାବ ଯୋଗୁଁ କୋଠରିର ଶୁଣାଯିବା ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା (Intensity) ମାତ୍ରା ବଢ଼ିଥାଏ । ଏହି ପ୍ରତିଫଳିତ ଧ୍ୱନି ପ୍ରତିଧ୍ୱନିରୂପେ ପରିଚିତ ।

କିନ୍ତୁ AB ଦୂରତା ଯଦି ଏପରି ବେଶୀ ହୋଇଥାଏ ଯେ ସିଧା ଧ୍ୱନି ଓ ପ୍ରତିଫଳିତ ଧ୍ୱନି ଦର୍ଶକ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚିବା ସମୟର ବ୍ୟବଧାନ 1/10 ସେକେଣ୍ଡରୁ ଅଧିକ ହୁଏ, ତେବେ ଦୁଇଟିଯାକ ଧ୍ୱନି ପୃଥକ୍ ପୃଥକରେ ଶୁଣାଯାଏ । ଏହାର କାରଣ ଏହି ଯେ, ଆମ୍ଭେମାନେ ଶୁଣିବା କୌଣସି ଧ୍ୱନିର ଧାରଣା ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର କର୍ଣ୍ଣରେ 1/10 ସେକେଣ୍ଡ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ରହିଥାଏ । ଏହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଦ୍ୱିତୀୟ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହେଲେ ତାହାର ଧାରଣା ଦ୍ୱିତୀୟ ଧ୍ୱନି ରୂପେ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର କର୍ଣ୍ଣଗୋଚର ହୁଏ ନାହିଁ । କାରଣ ତାହା ପ୍ରଥମ ଧ୍ୱନି ସହିତ ମିଶିଯାଏ । ସୁତରାଂ ଦୁଇଟି ଧ୍ୱନିର ସମୟର ବ୍ୟବଧାନ 1/10 ସେକେଣ୍ଡରୁ ବେଶୀ ହେବା ଦରକାର । ସାଧାରଣ ଅବସ୍ଥାରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 1120 ଫୁଟ ହୋଇଥିବା ଯୋଗୁଁ ଏହି 1/10 ସେକେଣ୍ଡ ସମୟରେ ଧ୍ୱନି ଗତି କରୁଥିବା ଦୂରତା ହେଉଛି 112 ଫୁଟ । ସୁତରାଂ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣିବା ସକାଶେ ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ସ ଓ ପ୍ରତିଫଳନ ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ସର୍ବନିମ୍ନ ଦୂରତା 56 ଫୁଟ ହେବା ଦରକାର ।

ପ୍ରକୃତିରେ ପ୍ରତିଧ୍ୱନିର ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଦୁରଗେହ ପାହାଡ଼, ପର୍ବତ ପାର୍ଶ୍ୱ, ବନ ପ୍ରାନ୍ତର ଓ ପ୍ରକାଣ୍ଡ ଅଟ୍ଟାଳିକାରୁ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣାଯାଏ । ଉତ୍ସ ଓ ଧ୍ୱନି ପ୍ରତିଫଳନ ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ଖୁବ୍ ବେଶୀ ହେଲେ ଏହି ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଦ୍ୱାରା ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟାରେ କ୍ରମାଗତ ଧ୍ୱନିର ଆବୃତ୍ତି ହୋଇଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ :

ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି କୌଣସି ପାହାଡ଼ ସମ୍ମୁଖରେ ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟାଇଲା । ଜଣେ ଦର୍ଶକ ସେହି ପାହାଡ଼ ସମ୍ମୁଖରେ ବନ୍ଧୁକ ଚାଳନଠାରୁ 300 ଫୁଟ ଦୂରରେ ତାହାର ବିପରୀତ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥାନ କରୁଛି । ବନ୍ଧୁକର ଶବ୍ଦ ଯେତିକି ସମୟରେ ଦର୍ଶକ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚୁଛି, ଶବ୍ଦର ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ତାହାର ଦୁଇଗୁଣ ସମୟରେ ଯାଇ ଦର୍ଶକ ପାଖରେ ପହଞ୍ଚୁଛି । ବନ୍ଧୁକ ଚାଳକ ଓ ପାହାଡ଼ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।



ଏଠାରେ ପାହାଡ଼ A ଠାରେ, ବନ୍ଧୁକ ଚାଳକ B ଠାରେ ଓ ଦର୍ଶକ C ଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ମନେକର ବନ୍ଧୁକର ଶବ୍ଦ ଦର୍ଶକ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚିବାକୁ t ସେକେଣ୍ଡ ଲାଗେ । ତେବେ ଶବ୍ଦର ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଦର୍ଶକ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚିବାକୁ 2t ସେକେଣ୍ଡ ଲାଗିବ । ମନେକର ପାହାଡ଼ ଓ ବନ୍ଧୁକଚାଳକ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା—S ଫୁଟ

2t ସେକେଣ୍ଡରେ ଶବ୍ଦ B ଠାରୁ A କୁ ଯାଇ ସେଠାରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ରୂପେ A ଠାରୁ C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗତି କରେ । ସୁତରାଂ ଏହି ସମୟରେ ଧ୍ୱନି ଗତି କରିଥିବା ଦୂରତା $S+S+300=2S+300$ ଫୁଟ; ଆହୁରି ମଧ୍ୟ t ସେକେଣ୍ଡରେ ଧ୍ୱନି 300 ଫୁଟ ଗତି କରେ ।

ତେବେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ $\frac{300}{t} = \frac{2S+300}{2t}$

$$\text{ବା } 300 = \frac{2S + 300}{2}$$

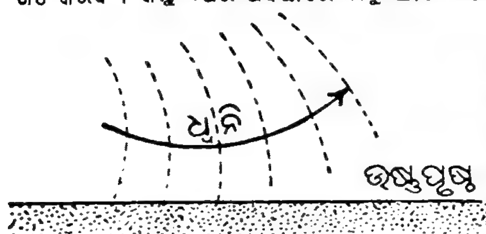
$$\therefore 2S = 600 - 300 = 300$$

$$S = \frac{300}{2} = 150 \text{ ଫୁଟ}$$

25.3 ଧ୍ୱନିର ପ୍ରତିସରଣ :

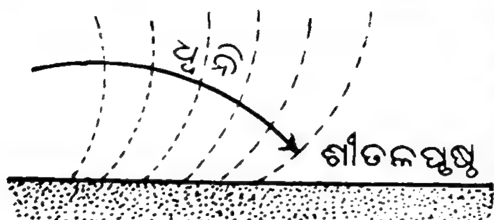
କୌଣସି ସ୍ଥିର ସମ ମାଧ୍ୟମରେ ସମସ୍ତ ଦିଗରେ ଧ୍ୱନି ସମାନ ବେଗରେ ଗତି କରେ । କିନ୍ତୁ ମାଧ୍ୟମ ସମ ହୋଇ ନ ଥିଲେ. ଧ୍ୱନି ସମାନରେ ପ୍ରସାରିତ ନ ହୋଇ ତା'ର ବେଗ ଓ ଗତିର ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଯୋଗୁଁ ଧ୍ୱନି ବଙ୍କେଇଯାଏ । ଏହାକୁ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରତିସରଣ କୁହାଯାଏ ।

ପ୍ରତିସରଣର ଏକ ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ ହେଉଛି, ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଧ୍ୱନିର ଅସମାନ ସଂଚରଣ । ବାୟୁ ସ୍ଥିରହୋଇ ସମାନ ତାପମାତ୍ରାରେ ରହିଥିଲେ, ଧ୍ୱନି ସମସ୍ତ ଦିଗରେ ସମାନ ବେଗରେ ଗତି କରିବ । କିନ୍ତୁ ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ବାୟୁ ପ୍ରାୟ ନ ଥାଏ; କାରଣ ବାୟୁ କେବେହେଲେ ସ୍ଥିର ନ ଥାଏ କିମ୍ବା ବାୟୁର ତାପମାତ୍ରା କେବେହେଲେ ସମାନ ନ ଥାଏ । କୌଣସି ଗରମ ଦିନରେ ଭୂମି ଖୁବ୍ ଗରମ ହୋଇଯାଏ । ସେଥିଯୋଗୁଁ ତାହାର ସନ୍ନିହିତ ବାୟୁସ୍ତରଗୁଡ଼ିକ ଉପରର ବାୟୁ ସ୍ତରଗୁଡ଼ିକ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ତାପମାତ୍ରାରେ ଥାଏ । ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ସୁତରାଂ ପୃଥିବୀଠାରୁ ବହୁତ ଉଚ୍ଚରେ ଧ୍ୱନି ଯେଉଁ ବେଗରେ ଗତି କରେ, ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠ ନିକଟରେ ତାଠାରୁ ଅଧିକ ବେଗରେ ଗତି କରେ । ଏହି ବେଗ ପ୍ରଭେଦ ଯୋଗୁଁ ତରଙ୍ଗଟି ଭୂମିଠାରୁ ଦୂରକୁ ବଙ୍କେଇଯାଏ (ଚିତ୍ର 150 a) । ଏପରି ଦିନରେ ଭୂମିରେ ଥିବା ଜଣେ ଶ୍ରୋତାକୁ ଧ୍ୱନି ବେଶୀ ଦୂରକୁ ଗତି କଲା ଭଳି ବୋଧହୁଏ ନାହିଁ; କାରଣ ଧ୍ୱନି ତାଠାରୁ ଦୂରକୁ ବିକ୍ଷେପିତ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର 150-a)

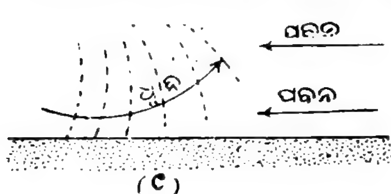
କୌଣସି ରାତିରେ ଭୂମି ଉପରର ବାୟୁ ଅପେକ୍ଷା ଭୂପୃଷ୍ଠ ଅଧିକ ଦ୍ରୁତରେ ଶୀତଳ ହୋଇଯାଏ । ସୁତରାଂ ଭୂମି ସନ୍ନିହିତ ବାୟୁସ୍ତର ଭୂମିଠାରୁ ଉଚ୍ଚରେ ଥିବା ବାୟୁସ୍ତର ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ଶୀତଳ ବୋଧ ହୁଏ । ଫଳରେ ଧ୍ୱନି ନିମ୍ନ ସ୍ତର ଅପେକ୍ଷା ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ସ୍ତରରେ ଅଧିକ ବେଗରେ ଗତି କରେ ଓ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଚିତ୍ର 150 b ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିଲା ଭଳି ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ବଙ୍କେଇଯାଏ । ଧ୍ୱନି ଭୂପୃଷ୍ଠ ଦିଗକୁ ଗତି କରୁଥିବାରୁ ତାହା ଅନ୍ୟ ସମୟ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ଦୂର ଗତି କଲାଭଳି ବୋଧହୁଏ ।

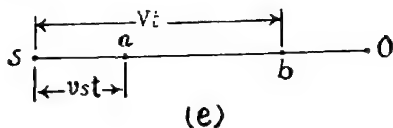


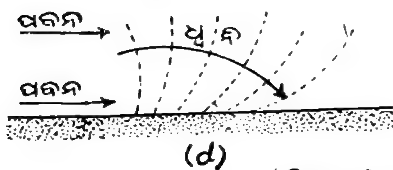
(ଚିତ୍ର 150-b)

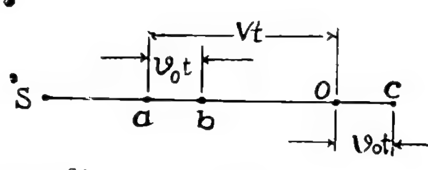
ଧ୍ୱନିର ପ୍ରତିସରଣ ସକାଶେ ପବନ ମଧ୍ୟ ଗୋଟିଏ କାରଣ । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ଆଲୋଚନା କଲାବେଳେ ଆମ୍ଭେମାନେ କଳ୍ପନା କରିଛୁ ଯେ ବାୟୁ ସ୍ଥିର ରହୁଛି, କିନ୍ତୁ ବାୟୁ ଗତି କରୁଥିଲେ ସେହି ଗତିଶୀଳ ମାଧ୍ୟମରେ ଧ୍ୱନି ତା'ର ସ୍ୱାଭାବିକ ବେଗରେ ଗତିକରେ; କିନ୍ତୁ ବାୟୁ ଯଦି ଧ୍ୱନି ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥାଏ, ତେବେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ବାୟୁର ବେଗ ପରିମାଣରେ ବୃଦ୍ଧିପାଏ; ପୁଣି ବାୟୁ ଧ୍ୱନିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ ତା'ର ବେଗ, ବାୟୁର ବେଗ ପରିମାଣରେ ହ୍ରାସ ପାଏ । ବିବିଧ ସ୍ତରରେ ବାୟୁର ବେଗ ବିଭିନ୍ନ ହୋଇଥିଲେ ଧ୍ୱନି ଗତିର ଦିଗ 150 (ଚିତ୍ର c ଓ d)ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ଭଳି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ଘର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ଭୂମି ନିକଟରେ ପବନର ବେଗ ଉଚ୍ଚ ସ୍ତରରେ ଥିବା ବେଗ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ସୁତରାଂ ପବନର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ଧ୍ୱନି ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଦିଗରେ ବଙ୍କେଇଯାଇ ଭୂପୃଷ୍ଠର ଦୂରକୁ ଚାଲିଯାଏ; କିନ୍ତୁ ପବନ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ଧ୍ୱନି ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ବଙ୍କେଇଯାଏ । ଏହାଫଳରେ ଭୂମିରେ ଥିବା ଜଣେ ଶ୍ରୋତାର ଧାରଣା ହୁଏ ଯେ; ପବନ ଦିଗରେ ଧ୍ୱନି ବହୁତ ଦୂରକୁ ଗତିକରୁଛି; ପୁଣି ପବନର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କମ୍ ଦିଗକୁ ଗତି କରୁଛି ।

ଧ୍ୱନିର ପ୍ରତିସରଣ ଯୋଗୁଁ କେତେକ ଅସାଧାରଣ ଘଟଣା ଘଟିଥାଏ । କୌଣସି ପର୍ବତ ଉପର ଦେଇ ଧ୍ୱନି ଗତିକରି ତା'ର ଅପର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଶୁଣାଯାଇପାରେ; ଅଥଚ ଅନୁରୂପ ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକ ବିପରୀତ ଦିଗରୁ ଶୁଣାଯାଇପାରେ ନାହିଁ ! ଅନେକ ସମୟରେ ଧ୍ୱନି କୌଣସି ଅଞ୍ଚଳ ଡେଇଁ ଗତି କରିଥାଏ; ଅର୍ଥାତ୍ ଉତ୍ସ ନିକଟରେ ପୁଣି ଉତ୍ସର ବହୁତ ଦୂରରେ ଶୁଣାଯାଉଥାଏ, କିନ୍ତୁ ମଝିରେ ଶୁଣାଯାଏ ନାହିଁ । ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଡ଼ାଜାହାଜ, ବନ୍ଧୁକ କିମ୍ବା ବୁଡ଼ାଜାହାଜଗୁଡ଼ିକର ସ୍ଥିତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାରେ ଯେଉଁ ଅସୁବିଧାଗୁଡ଼ିକ ରହିଛି, ସେଗୁଡ଼ିକ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରତିସରଣ ପ୍ରଭାବରୁ ଆହୁରି ବଢିଯାଏ ।









(ଚିତ୍ର 150 c, d, e, f)

25.4 ଡପ୍‌ଲର ପ୍ରଭାବ :

ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଆଲୋଚନାରେ ଆମେ କଳ୍ପନା କରିଛୁ ଯେ ଉତ୍ସ ସ୍ଥିର ରହିଛି, ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ସ୍ଥିର ରହିଛି, ପୁଣି ତରଙ୍ଗ ଗତିକରୁଥିବା ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥିର ରହିଛି । ବେଳେବେଳେ ଏହି ତିନିଗୋଟିରୁ ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ କିମ୍ବା ଦୁଇଟି କିମ୍ବା ତିନୋଟିଯାକ ଗତିଶୀଳ ହୋଇପାରନ୍ତି । ଏଥିରୁ ଗୋଟିଏ କିମ୍ବା ସବୁଗୁଡ଼ିକ ଗତିଶୀଳ ହେଲେ କୌଣସି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ଉତ୍ସର ପ୍ରକୃତ ଆବୃତ୍ତି ଉପଲବ୍ଧି ନ କରି ଏକ ଆଭାସୀ ଆବୃତ୍ତି ଉପଲବ୍ଧି

କରିବ । ପ୍ରଥମେ ଉତ୍ସର ଗତି ଆଲୋଚନା କରିବା; ଅର୍ଥାତ୍ ମାଧ୍ୟମ ଓ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ସ୍ଥିରତାରେ ରହି କେବଳ ଉତ୍ସ ଗତିକରୁଛି ବୋଲି ବିଚାରିବା । ମନେକର ମାଧ୍ୟମରେ ତରଙ୍ଗର ବେଗ v, ଉତ୍ସର ବେଗ v_s ପୁଣି ଉତ୍ସର କମ୍ପନର ଆବୃତ୍ତି f_s । ଉତ୍ସ ତରଙ୍ଗ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ, v_sକୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ମନେକରିବା; କିନ୍ତୁ ଉତ୍ସ ତରଙ୍ଗର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ v_sକୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ମନେକରିବା । t ସମୟରେ ତରଙ୍ଗ ଉତ୍ସ S ଠାରୁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ O ଦିଗରେ vt ଦୂରତା ଥିବା bକୁ ଗତିକରିବ । ସେହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ସ $v_s t$ ଦୂରତା ଥିବା a ଠାକୁ ଗତି କରିଥିବ; ପୁଣି ଏହି ସମୟରେ ଉତ୍ସ $f_s t$ ସଂଖ୍ୟାର ତରଙ୍ଗ ପ୍ରେରଣ କରିଥିବ । ଏହି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ab ଦୂରତା ମଧ୍ୟରେ ପୁଞ୍ଜୀଭୂତ ହୁଅନ୍ତି । ସୁତରାଂ ନୂତନ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ^1 ହେବ ।

$$\lambda^1 = \frac{Vt - v_s t}{f_s t} = \frac{V - v_s}{f_s} \;\ldots\ldots\ldots(1)$$

ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ପକ୍ଷେ ତାହା ନିକଟକୁ ଆସୁଥିବା ତରଙ୍ଗର ବେଗ V, ପୁଣି ତା'ର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ^1 । ସୁତରାଂ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ନିକଟକୁ ଆସୁଥିବା ତରଙ୍ଗ ଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତି ହେବ f_o ।

$$\text{ଅର୍ଥାତ୍, } f_o = \frac{V}{\lambda^1} = \frac{V}{(V - v_s)/f_s} = \frac{V}{V - v_s} \times f_s \;\ldots\ldots\ldots(2)$$

ଯଦି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ v_o ବେଗରେ କୌଣସି ସ୍ଥିର ଉତ୍ସ ଠାରୁ ଦୂରକୁ ଗତିକରେ, ତେବେ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ନାହିଁ; କିନ୍ତୁ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ tରେ ତାହା ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚିବା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ହ୍ରାସ ପାଇଯାଏ । ଯଦି ଦର୍ଶକ (ଚିତ୍ର 150f) O ଠାରେ ସ୍ଥିରରେ ରହିଥାନ୍ତା ତେବେ ସେ t ସମୟରେ Vt ଦୂରତା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକୁ ଗ୍ରହଣ କରିପାରନ୍ତା; ଅର୍ଥାତ୍, $\frac{Vt}{\lambda}$ ସଂଖ୍ୟାର ତରଙ୍ଗ ଗ୍ରହଣ କରିପାରନ୍ତା । t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ସେ ଯଦି $v_o t$ ଦୂରତା ଥିବା C ଠାକୁ ଗତି କରିଥିବ, ତେବେ ସେ କେବଳ b ଓ o ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକୁ ଗ୍ରହଣ କରିବ, ଅର୍ଥାତ୍ $V - v_o/\lambda$ ସଂଖ୍ୟାର ତରଙ୍ଗ ଗ୍ରହଣ କରିବ; ପୁଣି ତାହାର ଆପାତ ଆବୃତ୍ତି ହେବ—

$$f_o = \frac{(Vt - v_o t)/\lambda}{t} = \frac{V - v_o}{\lambda} = \frac{V - v_o}{V/f_s} = \frac{V - v_o}{V} f_s \;\ldots\ldots\ldots(3)$$

ଏଠାରେ ମଧ୍ୟ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ଯଦି ତରଙ୍ଗ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିବ, ତେବେ v_o ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ, ପୁଣି ତରଙ୍ଗର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତିକରୁଥିଲେ v_o ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବୋଲି ଧରାଯିବ ।

ଯଦି ଉତ୍ସ ଓ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ଉଭୟେ ଗତିକରନ୍ତି, ତେବେ ଦୁଇଟିଯାକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିବ । ପୁଣି,

$$f_o = \frac{V}{(V - v_s)} \times \frac{(V - v_o)}{V} f_s = \frac{V - v_o}{V - v_s} f_s \text{ ହେବ} \;\ldots\ldots\ldots(4)$$

ଏଥିରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ, ଯଦି ଉଭୟ ଉତ୍ସ ଓ ଦର୍ଶକ ସମାନ ବେଗରେ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି, ତେବେ ଆବୃତ୍ତିରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ନାହିଁ ।

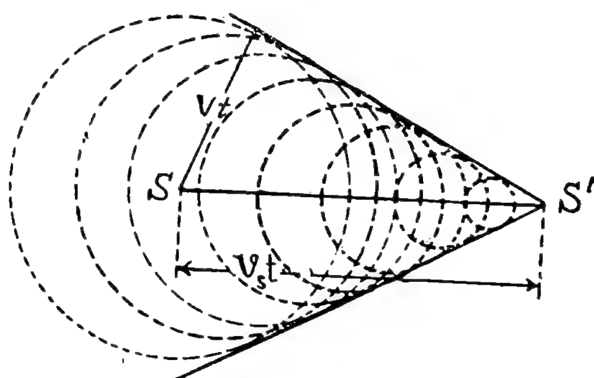
ମାଧ୍ୟମ ସ୍ଥିରରେ ରହିଥିଲେ ଯେଉଁ ଅବସ୍ଥା ଉପୁଜେ, ସମୀକରଣ (4) ସେହି ଅବସ୍ଥା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରୁଛି । ଯଦି ଭୂମି ତୁଳନାରେ ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟ ଗତି କରୁଥାଏ, ତେବେ ଆଉ ଗୋଟିଏ ପଦ (Term) v_m ଯାହାକି ମାଧ୍ୟମର ବେଗ ଏଥିରେ ଯୁକ୍ତ ହୁଏ ।

ଅର୍ଥାତ୍, $f_o = \dfrac{V - v_m - v_o}{V + v_m - v_s} f_s$ ହୁଏ......(5)

ଉତ୍ସର ବେଗ ତରଙ୍ଗ ବେଗ ତୁଳନାରେ କ୍ଷୁଦ୍ର ହୋଇଥିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତି ଡପ୍‌ଲର ପ୍ରଭାବ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହୋଇପାରିବ । ଆଲୋକ-ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକରେ ଆବୃତ୍ତି ମାଧ୍ୟମର ବେଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

ଉତ୍ସର ବେଗ ତରଙ୍ଗବେଗ ସହିତ ପ୍ରାୟ ସମାନ ହେଲେ, ତରଙ୍ଗ ସାମୁଖ୍ୟ ବିରୂପିତ ହୋଇଯାଏ ଓ ଡପ୍‌ଲର ପ୍ରଭାବ ସେଥିପ୍ରତି ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଉତ୍ସର ବେଗ ତରଙ୍ଗ ବେଗଠାରୁ ଅଧିକ ହେଲେ ଡପ୍‌ଲର ପ୍ରଭାବ ନିରର୍ଥକ ହୋଇଯାଏ । ସାଧାରଣ ତରଙ୍ଗଠାରୁ ଭିନ୍ନ ଏକ ସହସା-ତରଙ୍ଗ (Shock wave) ର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥା ଚିତ୍ର 151ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଉତ୍ସ t ସମୟରେ S ଠାରୁ S′ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗତି କରିଥାଏ । ସେହି ପଥରେ ବିବିଧ ସ୍ଥାନରୁ t ସମୟ



(ଚିତ୍ର 151)

ଶେଷକୁ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଯେଉଁ ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁରୁ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି, ସେହି ବିନ୍ଦୁଠାରୁ ସେଗୁଡ଼ିକ ଗତି କରିଥିବା ଦୂରତା ଦର୍ଶାଇବା ସକାଶେ ବୃତ୍ତଗୁଡ଼ିଏ ଅଙ୍କନ କରଯାଇଛି । ତରଙ୍ଗର ବେଗ V, ପୁଣି ଉତ୍ସର ବେଗ v_s ହୋଇଥିଲେ, ଉତ୍ସ S′ ଠାରେ ପହଞ୍ଚିବା ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ S ଠାରେ ଜାତ ହୋଇଥିବା ତରଙ୍ଗର ତରଙ୍ଗ-ସାମୁଖ୍ୟ ଦର୍ଶାଇବା ସକାଶେ Vt ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ପ୍ରଥମ ବୃତ୍ତ ଅଙ୍କନ କରଯାଇଛି । ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ବୃତ୍ତଗୁଡ଼ିକର କେନ୍ଦ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଉତ୍ସ $t_1=0{\cdot}1t$, $t_2=0{\cdot}2t$, $t_3=0{\cdot}3t$ ପ୍ରଭୃତି ସମୟରେ ପହଞ୍ଚିଥିବା ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରେ ରହିଛି । ତରଙ୍ଗ ଜାତହେବା ସମୟ ଓ t ମଧ୍ୟରେ ତାହା ଗତି କରିଥିବା ଦୂରତା ହେଉଛି ପ୍ରତ୍ୟେକ ବୃତ୍ତର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ; ଅର୍ଥାତ୍, $V(t-t_1)$, $V(t-t_2)$, $V(t-t_3)$ ପ୍ରଭୃତି ବୃତ୍ତ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧରେ ଉତ୍ତରୋତ୍ତର କ୍ଷୁଦ୍ର ହୋଇ, ପରିଶେଷରେ t ସମୟରେ S′ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ତାହା ଶୂନ୍ୟ

ହୋଇଛି । ବୃତ୍ତଗୁଡ଼ିକୁ ଆବୃତ କରିଥିବା ମୋଟା ରେଖାଟି ହେଉଛି ସହସା-ତରଙ୍ଗ । କୌଣସି ଉଚ୍ଚ ବେଗରେ ଅସ୍ତ୍ର ବାୟୁ ଦେଇ ଗତି କଲାବେଳେ ଯେଉଁ ସହସା-ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ତାହା ପ୍ରାୟ ଏହି ଆକାରର ।

ଉଦାହରଣ :

ଗୋଟିଏ ଇଞ୍ଜିନ୍ ଅବିରତ ହୁଇସିଲ୍ (Whistle) ବଜାଇ ଘଣ୍ଟାକୁ 72 କି:ମି: ବେଗରେ ଜଣେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଛି । ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 333 ମିଟର ହେଲେ ଗାଡ଼ିଟି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକକୁ ଅତିକ୍ରମ କଲାବେଳେ, ଆଭାସୀ ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକର ଅନୁପାତ କେତେ ହେବ ସ୍ଥିର କର ।

ମନେକର ଧ୍ୱନିର ପ୍ରକୃତ ଆବୃତ୍ତି $= n$

ତେବେ, ନିକଟକୁ ଆସିବାବେଳେ ଆଭାସୀ ଆବୃତ୍ତି $= n \cdot \frac{V}{V-v}$

ପୁଣି, ଦୂରକୁ ଚାଲିଗଲାବେଳେ ଆଭାସୀ ଆବୃତ୍ତି $= n \cdot \frac{V}{V+v}$

ଆବୃତ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତନ $= n \cdot \frac{V}{V-v} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{V+v}{V} = \frac{V+v}{V-v}$

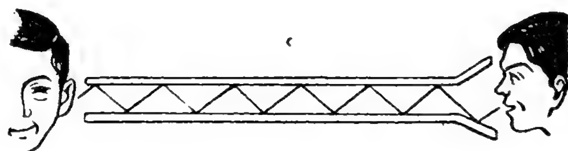
ବର୍ତ୍ତମାନ $V = 333$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ

ପୁଣି $v = \frac{72000}{60 \times 60} = 20$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ

$\therefore$ ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକର ଅନୁପାତ $= \frac{333+20}{333-20} = \frac{353}{313} = 1{\cdot}128$

25.5 କଥନ ନଳୀ (Speaking tube) :

କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ଗତି କରୁଥିବା ଧ୍ୱନି-ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକୁ ବିଶେଷଭାବେ ପ୍ରସାରିତ ହେବାକୁ ସୁଯୋଗ ନ ଦେଲେ, ସେହି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଗତି କଲାବେଳେ ସେଗୁଡ଼ିକର ତୀବ୍ରତା (Intensity) ଅତି ଅଳ୍ପମାତ୍ରାରେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଉଦାହରଣସ୍ୱରୂପ, କୌଣସି



(ଚିତ୍ର 152)

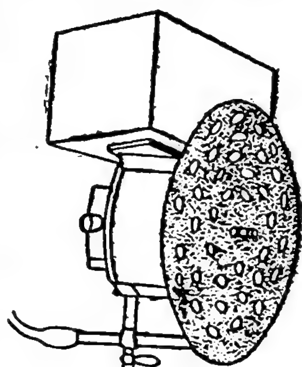
ଗୋଟିଏ ନଳୀର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡରେ ଥିବା କୌଣସି ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ସରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନି-ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରସାରିତ ନ ହୋଇ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପୁନଃ ପୁନଃ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ନଳୀର ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡକୁ ଗତି କରନ୍ତି (ଚିତ୍ର 152) । ସୁତରାଂ ନଳୀର ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡରେ କୌଣସି ବ୍ୟକ୍ତି କର୍ଣ୍ଣ ରଖିଲେ ଉତ୍ସଜାତ ଧ୍ୱନି ତାହାକୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଶୁଣାଯିବ । ଏଠାରେ ବାୟୁ ଓ ନଳୀ ମଧ୍ୟର ଘର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ନଷ୍ଟ ହେଉଥିବା ବ୍ୟତୀତ

ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଉପାୟରେ ଧ୍ୱନି-ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି ହ୍ରାସ ପାଇ ନ ଥାଏ । ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥା କଥନ ନଳୀ ରୂପେ ପରିଚିତ । ଏହି ନଳୀ ଧାତୁ ନିର୍ମିତ ଓ ଏହାର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ଫୁଲଣାକୃତିର । ଅଳ୍ପ ଦୂରକୁ ଧ୍ୱନି ସୁବିଧାରେ ପ୍ରେରଣ କରିବା ସକାଶେ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ ଡାକ୍ତରଙ୍କ ଷ୍ଟେଥୋସ୍କୋପ୍ ଓ ଗ୍ରାମ୍‌ଫୋନର ହର୍ଣ୍ଣ ନିର୍ମିତ ହୋଇଥାଏ ।

25.6 ସାଇରେନ୍ (Siren) :

(1) ଚକତ ବା ସିବେକ୍‌ଙ୍କ ସାଇରେନ୍ (Disc or Seebeck's Siren) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟି ଗୋଟିଏ ଗୋଲକାର ଚକତି (ଚିତ୍ର 153)ରେ ନିର୍ମିତ । ଚକତିଟିରେ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ସମଦୂରରେ ସମ କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ବୃତ୍ତରେ ଅବସ୍ଥିତ ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିଏ ରହିଛି । ଚକତିଟିର କେନ୍ଦ୍ରଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ଅକ୍ଷ ପ୍ରତି ଚକତିଟି ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମୋଟାର ସାହାଯ୍ୟରେ ଆବର୍ତ୍ତନ କରି ପାରୁଛି । ଚକତିର ଆବର୍ତ୍ତନ ବେଳେ ଚକତିର ରନ୍ଧ୍ରର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଗୋଟିଏ ନଳୀର ମୁଣ୍ଡ ରଖି ସେହି ମୁଣ୍ଡରେ ଥିବା ବିବର (Orifice) ବାଟେ ବାୟୁ ସ୍ରୋତକୁ ଚକତି ଉପରେ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ କରଯାଏ । ପ୍ରଥମେ ଚକତିର ଆବର୍ତ୍ତନ ବେଗ କମ୍ ଥିଲେ ଏକ ପ୍ରକାର ଅସ୍ପଷ୍ଟ ଧ୍ୱନି ଶୁଣାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଆସ୍ତେ ଆସ୍ତେ ଆବର୍ତ୍ତନ ବେଗ ବଢ଼ାଇଦେଲେ ଏହି ଧ୍ୱନି ଏକ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ସାଭର୍ଟଙ୍କ ଦନ୍ତୁରିତ ଚକ ଭଳି ଏଥିରେ ମଧ୍ୟ ଚକର ଆବର୍ତ୍ତନ ବେଗ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରଖି ବାୟୁ ସ୍ରୋତକୁ ଗୋଟିଏ ଧାଡ଼ିର ରନ୍ଧ୍ରଠାରୁ ତାହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଧାଡ଼ିର ରନ୍ଧ୍ର ନିକଟକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇନେଲେ ବିଭିନ୍ନ ତାରତ୍ୱର ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ଶୁଣାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ଧ୍ୱନି ସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇପାରେ ।

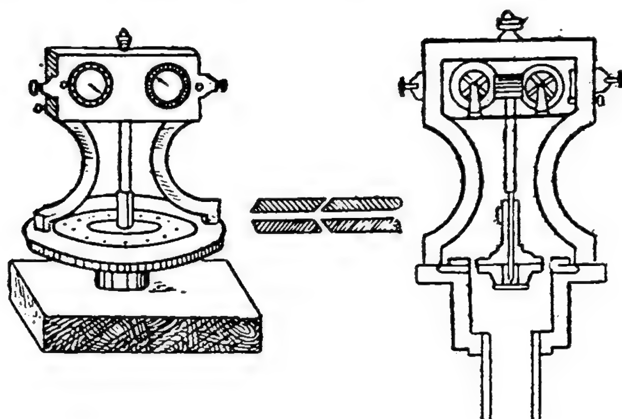


(ଚିତ୍ର 153)

(2) କାଗ୍‌ନେଇର୍ଡ୍ ଡ ଲା ଟୁର୍‌ଙ୍କ ସାଇରେନ୍ (Cagnaird de la Tour's Siren) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟି ସିବେକ୍‌ଙ୍କ ସାଇରେନ୍ ଅପେକ୍ଷା ଏକ ଉନ୍ନତ ଧରଣର ସାଇରେନ୍ । ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ ପିତ୍ତଳ ନିର୍ମିତ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ବାୟୁ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ (Wind chest) ରହିଛି (ଚିତ୍ର 154) । ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ପ୍ରବେଶ କରିବା ସକାଶେ ତାହାର ତଳ ମୁଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ବାୟୁପ୍ରବେଶ ନଳୀ ରହିଛି । ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଉପର ମୁଣ୍ଡଟି ଗୋଟିଏ ଚକତିଦ୍ୱାରା ଆବୃତ୍ତ ହୋଇ ରହିଛି । ଏହି ଚକତିରେ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ସମଦୂରରେ ଚାରିଗୋଟି ସମକେନ୍ଦ୍ରୀୟ ବୃତ୍ତରେ ଅବସ୍ଥିତ ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିଏ ରହିଛି । ଏହି ସ୍ଥିର ଚକତିର ଠିକ୍ ଉପରେ ଆଉ ଗୋଟିଏ ଠିକ୍ ସମରୂପ ଚକତି ରହିଛି, ଯେଉଁଥିରେ କି ସମରୂପ ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିଏ ରହିଛି । ଏହି ଉପର ଚକତିଟି ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ତକଳୀ (Spindle) ସାହାଯ୍ୟରେ ବିନା ବାଧାରେ ଆବର୍ତ୍ତନ କରିପାରୁଛି । ତକଳୀର ଉପରମୁଣ୍ଡ ସହିତ ଗୋଟିଏ ବେଗ ଗଣିତ୍ର (Speed counter) ସଂଯୋଗ କରଯାଇଛି, ଯାହାକି ଚକତିର ଆବର୍ତ୍ତନ ସଂଖ୍ୟା ଦର୍ଶାଉଛି । ଚକତି ଦୁଇଟିର ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଆନତ ହୋଇ ରହିଛନ୍ତି । ଏହାଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର ଚକତିର ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଦେଇ ବାୟୁପ୍ରକୋଷ୍ଠରୁ ବାହାରୁଥିବା ବାୟୁକ୍ଷେପଗୁଡ଼ିକ (Jets)

ଉପର ଚକତିର ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିକୁ ତେରଛାରେ ଧକ୍କା ଦିଅନ୍ତି ଓ ଏହା ଫଳରେ ଉପର ଚକତିକୁ ଏକ ଆବର୍ତ୍ତନ ଗତି (Rotating Motion) ପ୍ରଦାନ କରନ୍ତି । ଏହାଦ୍ୱାରା ବାୟୁର ଚାପ



(ଚିତ୍ର 154)

ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଚକତିର ବେଗ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇପାରିବ । ଚକତିର ଆବର୍ତ୍ତନ ବେଗ ବଢ଼ାଇଲେ ତାହାର ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଦେଇ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଉନ୍ମୁକ୍ତ ହେଉଥିବା ବାୟୁକ୍ଷେପଗୁଡ଼ିକ (Jets) ମିଳିତ ହୋଇ ଏକ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ଜାତ କରନ୍ତି ।

ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କ ଭଳି କୌଣସି ଧ୍ୱନି ଉତ୍ସର ଦୋଳନାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ସାଇରେନର ବେଗକୁ ଏପରି ଭାବରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଏ ଯେ, ସେଥିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ପିଚ୍ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ ଫୋର୍କର ପିଚ୍ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ । ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସଂଖ୍ୟାର ଆବର୍ତ୍ତନ ସକାଶେ ଦରକାର ହେବା ସମୟ ବିରାମ ଘଡ଼ି ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଓ ଆବର୍ତ୍ତନର ସଂଖ୍ୟା ବେଗ ଗଣିତ୍ର ମାନ କଣ୍ଟାରୁ ଲେଖାଯାଏ । ଯଦି ଚକତିରେ n ସଂଖ୍ୟକ ରନ୍ଧ୍ରଥାଏ, ପୁଣି ଚକତି ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ N ସଂଖ୍ୟାର ଆବର୍ତ୍ତନ କରେ, ତେବେ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ଆବୃତ୍ତି N × n ହେବ ।

ସାରାଂଶ

1. ଆଲୋକ ଭଳି ଧ୍ୱନିର ମଧ୍ୟ ପ୍ରତିଫଳନ ହୁଏ । ଉଭୟ ସମତଳ ଓ ବକ୍ରତଳରୁ ଧ୍ୱନି ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ ।

2. ଧ୍ୱନିର ଏହି ପ୍ରତିଫଳନ ଯୋଗୁଁ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣାଯାଇଥାଏ । ପ୍ରକୃତିରେ କୌଣସି ପାହାଡ଼ ପାର୍ଶ୍ୱ, ବନପ୍ରାନ୍ତର ଓ ପ୍ରକାଣ୍ଡ ଅଟ୍ଟାଳିକାରୁ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣାଯାଇଥାଏ । ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣିବା ସକାଶେ ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ସ ଓ ପ୍ରତିଫଳନ ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ସର୍ବନିମ୍ନ ଦୂରତା 56 ଫୁଟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

3. ଧ୍ୱନିର ପ୍ରତିଫଳନ ଗୁଣ କଥନ ନଳୀ, ଡାକ୍ତରଙ୍କ ଷ୍ଟେଥୋସ୍କୋପ ପ୍ରଭୃତିରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

4. ସାଇରେନ୍ ଦୁଇ ପ୍ରକାରର, ଯଥା—(1) ଚକତି ବା ସିବେକ୍‌ଙ୍କ ସାଇରେନ୍ ଓ (2) କାଗ୍‌ନେଇଡ୍ ଡ଼ି ଲ ଟୁର୍‌ଙ୍କ ସାଇରେନ୍ । ସାଇରେନ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇଥାଏ ।

5. କୌଣସି ମାଧ୍ୟମର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶ ଗତିଶୀଳ ଥିଲେ କିମ୍ବା ମାଧ୍ୟମ ଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ଧ୍ୱନି-ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ବେଗ ମାଧ୍ୟମର ସମସ୍ତ ଅଂଶରେ ସମାନ ନ ଥିଲେ, ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ-ଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରତିସରଣ ହୁଏ । ଗୋଟିଏ ମାଧ୍ୟମରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ଭିନ୍ନ ମାଧ୍ୟମକୁ ଗତି କଲେ ମଧ୍ୟ ଧ୍ୱନିତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିସରଣ ହୁଏ । କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ପୂର୍ଣ୍ଣ ଯବକାଚ ଆକାରର ଗୋଟିଏ ରବର ବେଲୁନ୍ ଓ ଧ୍ୱନିର ଗୋଟିଏ ଉତ୍ସ ନେଇ ଏହା ପ୍ରଦର୍ଶିତ କରଯାଇ ପାରିବ ।

6. ଆବୃତ୍ତିରେ ଈଷଦ୍ ଅନ୍ତର ଥିବା ଦୁଇଗୋଟି ଉତ୍ସରୁ ଏକ ସମୟରେ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହେଲେ ବିସ୍ପନ୍ଦନ ଘଟେ । ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଘଟୁଥିବା ବିସ୍ପନ୍ଦନର ସଂଖ୍ୟା, ଉତ୍ସ ଦୁଇଟିର ଆବୃତ୍ତିର ଅନ୍ତରଫଳ ସହିତ ସମାନ ।

7. ଉତ୍ସ ଏବଂ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି ଯୋଗୁଁ ଉତ୍ସର ଆବୃତ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲପରି ମନେ ହୁଏ । ଏହାକୁ ଡ଼ପ୍‌ଲରଙ୍କ ନିୟମ କୁହାଯାଏ । ଉତ୍ସର ପ୍ରକୃତ ଓ ଆଭାସୀ ଆବୃତ୍ତି ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି :

$$f_0 = \frac{V - v_0}{V - v_s} \cdot f_s$$

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ପ୍ରତିଧ୍ୱନି କହିଲେ କଅଣ ବୁଝାଯାଏ ? ବେଳେ ବେଳେ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ କେତେଗୋଟି ପ୍ରତିଧ୍ୱନି କାହିଁକି ଶୁଣାଯାଏ ?

   ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତର ଦୂରଗେହ ପାହାଡ଼ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥାନ କରୁଥିବା ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟାଇଲା । ସେ ପ୍ରଥମ ପ୍ରତିଧ୍ୱନିଟି 2 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ପ୍ରତିଧ୍ୱନିଟି 5 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଶୁଣିଲା । ଦୁଇ ପାହାଡ଼ ମଧ୍ୟରେ ସେହି ବ୍ୟକ୍ତିର ଅବସ୍ଥିତି ନିରୂପଣ କର । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ସେ କେତେ ସମୟ ପରେ ତୃତୀୟ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣିବ, ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   (ଉତ୍ତର :) (i) ବ୍ୟକ୍ତିଠାରୁ ପ୍ରଥମ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ପାହାଡ଼ର ଦୂରତାର ଅନୁପାତ 2:5
   (ii) 7 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ସେ ତୃତୀୟ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣିବ ।

2. କୌଣସି ଗିରିସଙ୍କଟ (Mountain pass) ର ଦୁଇ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏକ ମାଇଲ ବ୍ୟବଧାନରେ ଦୁଇଟି ଦୂରଗେହ କାନ୍ଥ ରହିଛି । ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି ଗିରିସଙ୍କଟର କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟାଇ 4 ସେକେଣ୍ଡ ବ୍ୟବଧାନରେ ଦୁଇଟି ଶବ୍ଦ ଶୁଣିଲା । ଗିରି ପାର୍ଶ୍ୱଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ସେହି ବ୍ୟକ୍ତିର ଅବସ୍ଥିତି ନିରୂପଣ କର । (ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 1120 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

   [(ଉତ୍ତର:) ପ୍ରଥମ କାନ୍ଥଠାରୁ 1520 ଫୁଟ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ କାନ୍ଥଠାରୁ 3760 ଫୁଟ ଦୂରରେ ସେ ଅବସ୍ଥାନ କରୁଛି]

3. ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ କି ରୂପେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରିବ, ତାହା ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଜଣେ ଲୋକ ଦୁଇଗୋଟି ସମାନ୍ତର ଦୂରଗେହ ପାହାଡ଼ ମଧ୍ୟରେ ରହି ବନ୍ଧୁକ ଗୁଳିକଲା । ସେ $1\frac{1}{2}$ ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି, $2\frac{1}{2}$ ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଆଉ ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି, ପୁଣି 4 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଆଉ ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣିଲା । ଏହି ପ୍ରତିଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକ ତାହା ନିକଟରେ କି ରୂପେ ପହଞ୍ଚିଲା, ତାହା ବୁଝାଇ ଦିଅ । ପାହାଡ଼ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ପ୍ରଦତ୍ତ ଅବସ୍ଥାରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 1120 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ) (ଉତ୍ତର: 2240 ଫୁଟ)

4. କୌଣସି ଏକ ସାଇରେନ୍‌ର ଚକତିରେ 32ଟି ରନ୍ଧ୍ର ଅଛି । ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଫୋର୍କର ଦୋଳନାଙ୍କ 512 । ସାଇରେନ୍‌ର ଚକତିଟିକୁ ମିନିଟ୍‌ରେ କେତେଥର ଆବର୍ତ୍ତନ କଲେ ସେଥିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱର ଓ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଫୋର୍କରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱର ଏକ ସ୍ୱନର ହେବ । (ଉତ୍ତର: 960)

5. କୌଣସି ଏକ ସାଇରେନ୍‌ର ଚକତି ପ୍ରତି ମିନିଟ୍‌ରେ 600 ଥର ଆବର୍ତ୍ତନ କରୁଛି । ଚକତିରେ କେତେଗୋଟି ରନ୍ଧ୍ର ରହିଥିଲେ ସାଇରେନ୍‌ରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ସ୍ୱନ 480 ଦୋଳନାଙ୍କବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଫୋର୍କରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ସ୍ୱନ ସହିତ ସମାନ ହେବ ? (ଉତ୍ତର: 48)

6. ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି କୌଣସି ପାହାଡ଼ଠାରୁ 550 ଫୁଟ ଦୂରରେ ଠିଆହୋଇ ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟାଇଲା । ସେ 1 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣିଲା । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 1100 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

7. ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି କୌଣସି ଉଚ୍ଚ କାନ୍ଥଠାରୁ 210 ମିଟର ଦୂରରେ ଠିଆହୋଇ ହୁଇସିଲ୍ ବଜାଇଲା । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 350 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ସେ କେତେ ସମୟ ପରେ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣିବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 1·2 ସେକେଣ୍ଡ)

8. ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି କୌଣସି ଦୂରଗେହ ପାହାଡ଼ ସମ୍ମୁଖରେ ଠିଆ ହୋଇ ଦୁଇ ହାତରେ ତାଳି ବଜାଇଲା । ସେ ପ୍ରଥମ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି 0·8 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଶୁଣିଲା । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 1110 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ସେ ପାହାଡ଼ଠାରୁ କେତେ ଦୂରରେ ଠିଆ ହୋଇଥିଲା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 444 ଫୁଟ)

9. ଗୋଟିଏ ଉଡ଼ାଜାହାଜ ଘଣ୍ଟାରେ 180 କି:ମି: ବେଗରେ ଭୂସମାନ୍ତରରେ ଗତି କରୁଛି । ବିମାନଚାଳକ ପିସ୍ତଲ୍ ଫୁଟାଇ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇଥିବା ପ୍ରତିଧ୍ୱନି 8 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଶୁଣିଲା । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ବିମାନର ଉଚ୍ଚତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 331 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ଧରିନିଅ । (ଉତ୍ତର: 1308·8 ମିଟର)

10. ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ ପ୍ରମାଣିତ କରିବା ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

11. ଗୋଟିଏ ନୌକା କୌଣସି ଉଚ୍ଚ, ଭୂଲମ୍ବ ଉତ୍‌ଶୃଙ୍ଗ ଦିଗରେ ଚାଳିତ ହେଉଛି । ନୌକାର ନଙ୍ଗର ପକାଇବାର 1·5 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣାଗଲା । ଉତ୍‌ଶୃଙ୍ଗଠାରୁ କେତେ ଦୂରରେ ନୌକା ରହିଛି ? ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 343·2 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ । (ଉତ୍ତର: 257·4 ମିଟର)

12. କୌଣସି ଗଭୀରତା-ମାପକ ଯନ୍ତ୍ର 36,000 ସ୍ପନ୍ଦନ/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତିର ସଙ୍କେତ ପ୍ରେରଣ କରୁଛି । ପ୍ରଣୋଦ (Impulse) ଟି ସାଗର ଶଯ୍ୟାରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ସଙ୍କେତ ଦେବାର 0·60 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଯନ୍ତ୍ର ନିକଟକୁ ଫେରିଆସିଲା । (କ) ଜଳର ଗଭୀରତା କେତେ ? (ଖ) ଜଳରେ ତରଙ୍ଗର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ? (ଗ) ବାୟୁରେ ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ? (ଘ) ବାୟୁରେ ତରଙ୍ଗର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ?

(ଉତ୍ତର: 1400 ଫୁଟ; 0·13 ଫୁଟ; 36,000 ସ୍ପନ୍ଦନ/ସେକେଣ୍ଡ; 0·028 ଫୁଟ)

13. କୌଣସି ସାଗରଗଭୀରତା-ମାପକ ଯନ୍ତ୍ର ଜଳରେ 60,000 ସ୍ପନ୍ଦନ/ସେକେଣ୍ଡର ସଙ୍କେତ ପ୍ରେରଣ କରୁଛି । ଜଳରେ ତରଙ୍ଗର ବେଗ 4,600 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ । ଗୋଟିଏ ପ୍ରଣୋଦ ସାଗର ତଳରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ସଙ୍କେତ ପ୍ରେରଣ କରିବାର 0·75 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଯନ୍ତ୍ର ନିକଟକୁ ଫେରିଆସିଲା । (କ) ଜଳର ଗଭୀରତା କେତେ ? (ଖ) ଜଳରେ ତରଙ୍ଗର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ? (ଗ) ବାୟୁରେ ଏହି ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ?

(ଉତ୍ତର: 1725 ଫୁଟ; 0·077 ଫୁଟ; 60,000 ସ୍ପନ୍ଦନ/ସେକେଣ୍ଡ)

14. 20ଟି ଛିଦ୍ର ଥିବା ଗୋଟିଏ ଆବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଚକତି ମିନିଟ୍ ପ୍ରତି 1800 ଥର ପରିକ୍ରମଣ କରୁଛି । ସେହି ଚକତିର ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଦେଇ ବାୟୁ ଫୁଙ୍କିଲେ ସେଥିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ହେବ ଗଣନ କର । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 1120 ଫୁଟ ହେଲେ, ବାୟୁରେ ଏହି ଧ୍ୱନିର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ହେବ ?

(ଉତ୍ତର: 600; 1·87 ମିଟର)

15. ଗୋଟିଏ ବନ୍ଧୁକ ଗୁଳିର ଆବାଜ୍‌ର ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶିକାରୀ ବନ୍ଧୁକ ଗର୍ଜନ କରିବାର 5·0 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଶୁଣାଗଲା । ଧ୍ୱନି ପ୍ରତିଫଳନ କରୁଥିବା ପୃଷ୍ଠ ଶିକାରୀଠାରୁ କେତେ ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ? (ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ=1100 ଫୁଟ/ସେକେଣ୍ଡ)

(ଉତ୍ତର: 2750 ଫୁଟ)

16. ଗୋଟିଏ ସାଇରେନ୍‌ର ଚକତିରେ ସମାନ ଦୂରରେ ବଳୟାକାରରେ ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିଏ ରହିଛି । ସାଇରେନ୍‌ଟି ମିନିଟ୍ ପ୍ରତି 1674 କିମ୍ବା 1686 ପରିକ୍ରମଣ କଲେ ଏକ ସ୍ଥିର ଶବ୍ଦ ସହିତ 2·0ଟି ବିସ୍ପନ୍ଦନ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରେ । ସ୍ଥିର ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ?

(ଉତ୍ତର: 279 କିମ୍ବା 281)

17. 80 ମାଇଲ/ଘଣ୍ଟାରେ ଗତି କରୁଥିବା ଗୋଟିଏ ରେଲଗାଡ଼ି କୌଣସି ଛକଠାରୁ 1·0 ମାଇଲ ଦୂରଠାରେ ପହଞ୍ଚିବା ସମୟରେ 440 ସାଇକେଲ/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତିର ହୁଇସିଲ୍ ଶବ୍ଦ କଲା । ସେତେବେଳେ ପବନ ବହୁ ନ ଥିଲା; ପୁଣି ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 0·200 ମାଇଲ/ସେକେଣ୍ଡ ଥିଲା । (କ) ଛକଠାରେ ଥିବା ଜଣେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ଶୁଣିବା ଶବ୍ଦର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ? (ଖ) ରେଲରାସ୍ତାକୁ ସମକୋଣରେ ଛେଦନ କରୁଥିବା ଗୋଟିଏ ରାସ୍ତାରେ ଛକଠାରୁ 0·60 ମାଇଲ ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥାନ କରୁଥିବା ଅନ୍ୟ ଜଣେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ଶୁଣିବା ଶବ୍ଦର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ?

(ଉତ୍ତର: 495/ସେକେଣ୍ଡ; 486/ସେକେଣ୍ଡ)

ଷଡ଼ବିଂଶ ଅଧ୍ୟାୟ

ରଜ୍ଜୁର ସ୍ପନ୍ଦନ

26.1 ରଜ୍ଜୁର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ସ୍ପନ୍ଦନର ନିୟମ :

ରଜ୍ଜୁର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ସ୍ପନ୍ଦନ ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ସର୍ବପ୍ରଥମେ 1636 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ଜଣେ ଫରାସୀ ଗଣିତଜ୍ଞ ମରସେନି (Mersenne) ପ୍ରଣୟନ କରିଥିଲେ । ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ହେଲା :—

(1) ଦୈର୍ଘ୍ୟର ନିୟମ :

କୌଣସି ରଜ୍ଜୁ ଓ ତାହାର ଟାଣବଳ (ଆଟତି) ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥିଲେ ତାହାର ଦୋଳନାଙ୍କ (Frequency) ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ (Vibrating length) ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ରହିଥାଏ ।

(2) ଟାଣବଳର ନିୟମ :

କୌଣସି ରଜ୍ଜୁ ଓ ତାହାର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହି ତାହାର ଟାଣବଳରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିଲେ, ରଜ୍ଜୁର ଦୋଳନାଙ୍କ ତାହାର ଟାଣବଳର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ରହିଥାଏ ।

(3) ବସ୍ତୁତ୍ୱର ନିୟମ :

ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ଟାଣବଳ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହି ରଜ୍ଜୁର ବ୍ୟାସ କିମ୍ବା ରଜ୍ଜୁ ନିର୍ମିତ ପଦାର୍ଥରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିଲେ, ରଜ୍ଜୁର ଦୋଳନାଙ୍କ ତାହାର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବସ୍ତୁତ୍ୱ (ବା ରେଖୀୟ ଘନତ୍ୱ) ର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ରହିଥାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ନିୟମଗୁଡ଼ିକର ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିବାକୁ ହେଲେ—
ମନେକର ସ୍ପନ୍ଦନଶୀଳ ରଜ୍ଜୁର ଦୋଳନାଙ୍କ n, ଟାଣବଳ T, ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ଓ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m
T ଓ m ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥିଲେ $n \propto 1/l$ (ପ୍ରଥମ ନିୟମ)
l ଓ m ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥିଲେ $n \propto \sqrt{T}$ (ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ)
ପୁଣି T ଓ l ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥିଲେ $n \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$ (ତୃତୀୟ ନିୟମ)

ଉପରୋକ୍ତ ତିନୋଟି ଅନୁପାତକୁ ଏକତ୍ରିତ କଲେ ପୁଣି T, l ଓ m ଏ ସମସ୍ତଙ୍କର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିଲେ

$$n \propto \frac{1}{l} \sqrt{T}/\sqrt{m} \text{ ବା } n = \frac{k}{l}\sqrt{\frac{T}{m}} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

ଯେଉଁଥିରେକି k ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ (Constant) । କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ରଜ୍ଜୁପ୍ରତି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଟାଣବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ରଜ୍ଜୁର ଦୋଳନାଙ୍କ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କଲେ, ସେଥିରୁ ଏହି ସ୍ଥିରାଙ୍କର ମୂଲ୍ୟ ବାହାର କରାଯାଇପାରିବ ।

ଉଦାହରଣ :

15 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନର ଟାଣବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରଯାଇଥିବା 50 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ରଜ୍ଜୁରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ 233·9 ହେଲେ ସ୍ଥିରାଙ୍କ kର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏକ ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ରଜ୍ଜୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 2·69 ଗ୍ରାମ୍ ।

ଉପରୋକ୍ତ (1) ସମୀକରଣରେ ଏହି ମୂଲ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାପନ କଲେ—

$$233{\cdot}9 = \frac{k}{50}\sqrt{\frac{15\times1000\times981}{\cdot0269}}$$

$$= \frac{k\times23390}{50}$$

$$\therefore k = 1/2$$

ଅତଏବ kର ମୂଲ୍ୟ ସେହି ସମୀକରଣରେ ସ୍ଥାପନ କଲେ—

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

ଏହି ସୂତ୍ରଟି ରଜ୍ଜୁର ସ୍ପନ୍ଦନର ଗାଣିତିକ ନିୟମ ।

26·2. ନିୟମଗୁଡ଼ିକର ସତ୍ୟାପନ (Verification) :

ରଜ୍ଜୁର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ସ୍ପନ୍ଦନର ନିୟମଗୁଡ଼ିକର ସତ୍ୟାପନ ସକାଶେ ଯେଉଁ ଯନ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରଯାଏ, ତାହା ସୋନୋମିଟର୍ (Sonometer) ବା ମନୋକର୍ଡ଼ (monochord) ରୂପେ ପରିଚିତ । ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ କାଷ୍ଠନିର୍ମିତ ଫମ୍ପା ଆୟତାକାରର ଧ୍ୱନନ ବାକ୍ସ (Sounding Box) ଉପରେ ଗୋଟିଏ ତାର ଟଣା ହୋଇ ରଖାଯାଇଛି । ତାରର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବାକ୍ସ ଉପରସ୍ଥ ଏକ କୀଳା (Key) ସହ ଭିଡ଼ା ହୋଇଛି । ତାରର



(ଚିତ୍ର 155)

ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡଟି ବାକ୍ସର ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଘର୍ଷଣବିହୀନ କପି-କଳ (Pulley) ଉପର ଦେଇ ଗତି କରିଛି (ଚିତ୍ର 155) । ତାରର ଏହି ମୁଣ୍ଡରୁ ଗୋଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଓଜନ ଝୁଲୁଛି । ତଦ୍ୱାରା ତାରଟି ଟାଣି ହୋଇ ରହୁଛି । ବାକ୍ସ ଉପରେ ତାରର ଦୁଇ ମୁଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଗୋଟି ସ୍ଥିରସେତୁ (Bridge) ରହିଛି । ଏ ଦୁଇଟି ସେତୁ ବ୍ୟତୀତ ଆହୁରି ଗୋଟିଏ ଦୁଇଟି ସଚଳ ସେତୁ ମଧ୍ୟ ବାକ୍ସ ଓ ତାର ମଧ୍ୟରେ ସଜାଇ ରଖାଯାଇଛି । ଅନେକ ସମୟରେ କାଷ୍ଠ ବାକ୍ସ ଉପରେ ଆହୁରି ଗୋଟିଏ ତାରକୁ ବାକ୍ସର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଭିଡ଼ି ସ୍ଥିରକରି ରଖାଯାଇଥାଏ; କିମ୍ବା ତାରଟିର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡକୁ କୀଳାସହ ଭିଡ଼ି ରଖି ଅନ୍ୟ

ମୁଣ୍ଡଟି ପୂର୍ବ ତାର ପରି ବାକ୍ସର ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଥିବା ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ ଘର୍ଷଣବିହୀନ କପିକଳ ଉପରେ ନେଇ ସେଥିରୁ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥିର ଓଜନ ଝୁଲାଇ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଦ୍ୱିତୀୟ ତାରଟିକୁ ସ୍ଥିର ତାର କୁହାଯାଏ । ଏଥିରୁ ଯେକୌଣସି ତାରକୁ ଦୁଇଟି ସେତୁ ମଧ୍ୟର ଠିକ୍ ମଧ୍ୟ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଉତ୍କର୍ଷଣ (Pluck) କଲେ ତାରଟି ସ୍ପନ୍ଦନ କରେ ଓ ସେଥିରୁ ମୂଳସ୍ୱର (Fundamental Note) ଜାତ ହୁଏ ।

ପରୀକ୍ଷା (1) ଦୈର୍ଘ୍ୟର ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ :

ବିଭିନ୍ନ ଦୋଳନାଙ୍କ n_1, n_2, n_3 ପ୍ରଭୃତି ଚିହ୍ନିତ ଥିବା କେତେଗୋଟି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍-ଫୋର୍କ ନିଅ । ପ୍ରଥମେ n_1 ଦୋଳନାଙ୍କର ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଫୋର୍କକୁ ନେଇ ତାହାକୁ ରବର ହାତୁଡ଼ିରେ ବାଡ଼େଇ ସୋନୋମିଟରର ଧ୍ୱନନ ବାକ୍ସ ଉପରେ ଠିଆକରି ଧର । ଏକ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ଶୁଣାଯିବ । ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସୋନୋମିଟରର ତାରକୁ ଉତ୍କର୍ଷଣ କରି ଗୋଟିଏ ସଚଳ ସେତୁକୁ ଏମିତକୁ ସେପଟକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇ ଫୋର୍କର ସ୍ୱର ସହିତ ତାରର ସ୍ୱରକୁ(Tune) ମିଳାଅ । ଯେତେବେଳେ ସ୍ୱର ଦୁଇଟି ଠିକ୍ ଏକ ସ୍ୱନ (Unison) ପରି ହେବେ, ସେହି ସ୍ଥାନରେ ସଚଳ ସେତୁଟିକୁ ସ୍ଥିରକରି ରଖିଦିଅ । ଏବେ ସ୍ଥିର ସେତୁଠାରୁ ଏହି ସଚଳ ସେତୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l_1 ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ । ଏହି ଅନୁରୂପ ପରୀକ୍ଷା ଅନ୍ୟ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍-ଫୋର୍କଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ଆବୃତ୍ତି କରି ପ୍ରତ୍ୟେକଥର ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l_2, l_3 ପ୍ରଭୃତି ମାପି ଲେଖ । ପରୀକ୍ଷା ଆରମ୍ଭରୁ ଶେଷଯାଏ ତାରର ଟାଣବଳ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରଖିବ । ଫଳଗୁଡ଼ିକୁ ନିମ୍ନ ଟେବୁଲରେ ଟିପି ରଖ ।

ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଫୋର୍କର ଦୋଳନାଙ୍କ n	ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l	$n \times l$

ଶେଷ ସ୍ତମ୍ଭର ଫଳଗୁଡ଼ିକ ଏକ ସ୍ଥିରଙ୍କ ହେବ; ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଥରର ଦୋଳନାଙ୍କ ଓ ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଗୁଣଫଳ ଏକ ସ୍ଥିରଙ୍କ ହେବ । ଏଥିରୁ ପ୍ରମାଣିତ ହେବ ଯେ, ତାରର ଦୋଳନାଙ୍କ ତାହାର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ।

ପରୀକ୍ଷା (2)

ଟାଣ ବଳର ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ :

ସୋନୋମିଟରର ସ୍ଥିରତାର ତଳେ ଗୋଟିଏ ସଚଳ ସେତୁ ଏପରି ଭାବରେ ରଖ ଯେ ସେହି ତାରର ଗୋଟିଏ ଅଂଶକୁ ଉତ୍କର୍ଷଣ କଲେ ସେଥିରୁ ଏକ ସୁବିଧାଜନକ ପିଚ୍‌ର

ସ୍ୱର ଜାତ ହେବ । ଅନ୍ୟ ତାରଟିର (ପ୍ରଥମ ତାରର) ତଳମୁଣ୍ଡରୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଓଜନ ଝୁଲାଇ ସେହି ତାର ତଳେ ଥିବା ସଚଳ ସେତୁକୁ ଏପଟକୁ ସେପଟକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇ ଏପରି ସ୍ଥାନରେ ରଖ ଯେ, ତାହାର ସେତୁ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଅଂଶକୁ ଉତ୍‌କର୍ଷଣ କଲେ ସେଥିରୁ ଯେଉଁ ସ୍ୱର ଜାତ ହେବ ତାହା ସ୍ଥିର ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଅଂଶର ସ୍ୱର ସହିତ ଠିକ୍ ଏକସ୍ୱନୀ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରଥମ ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ମାପି ଲେଖ । ଏହାପରେ ପ୍ରଥମ ତାରର ଟାଣ ବଳ Tକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ପୁଣି ପୂର୍ବପରି ସ୍ଥିର ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଅଂଶ ସହିତ ମିଳାଇ ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା 5 ଥର ଆବୃତ୍ତି କରି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଥର ଟାଣ ବଳ T ଓ ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ମାପି ଲେଖ । ଫଳଗୁଡ଼ିକୁ ନିମ୍ନ ଟେବୁଲରେ ଲେଖି ରଖ :—

ଟାଣବଳ T	ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l	$\sqrt{T}/l$

ଶେଷ ସ୍ତମ୍ଭର $\frac{\sqrt{T}}{l}$ ର ଭାଗଫଳ ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେବ । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ, ଦୋଳନାଙ୍କ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥିଲେ ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଟାଣ ବଳର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ରହେ । ଏହାର କାରଣ ହେଉଛି $n \propto 1/l$ (ପ୍ରଥମ ନିୟମାନୁଯାୟୀ)

ଯଦି ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଦରକାର କରୁଥିବା $n \propto \sqrt{T}$ ହୁଏ, ତେବେ n ସ୍ଥିର ରହିଲେ $1/l \times \sqrt{T}$ ବା $\frac{\sqrt{T}}{l}$ ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେବ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ ହେଲା ।

•

ପରୀକ୍ଷା (3)

ବସ୍ତୁତ୍ୱର ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ :

ଦ୍ୱିତୀୟ ପରୀକ୍ଷାରେ ଯାହା କରାଯାଇଥିଲା ଏଥିରେ ମଧ୍ୟ ତାହା କରାଯିବ; କିନ୍ତୁ ପ୍ରଥମ ତାରର ଟାଣବଳ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ କରି ତାରଟିକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବ । ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରଥମ ତାର ସହିତ ପୂର୍ବ ପରୀକ୍ଷା ସମ୍ପାଦନ କରିସାରିଲାପରେ ତାକୁ କାଢ଼ିନେଇ ତାହା ସ୍ଥାନରେ ଭିନ୍ନ ବ୍ୟାସର କିମ୍ବା ଭିନ୍ନ ପଦାର୍ଥରେ ନିର୍ମିତ ଆଉ ଗୋଟିଏ ତାର ଲଗାଇ ଦିଅ । ପୁଣି ଟାଣବଳ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରଖି ପୂର୍ବପରି ପରୀକ୍ଷା ଆବୃତ୍ତି କର । ଏହି ରୂପେ 5ଟି ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ତାର ନେଇ ପ୍ରତ୍ୟେକଟିରେ ଟାଣବଳ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରଖି ତାହାର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l (ଯାହାକି ସ୍ଥିର ତାରର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଟାଣ ବଳରେ ଥିବା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ଏକ ସ୍ୱନୀ ହୋଇଥିବ) ମାପି ଲେଖ । ପରିଶେଷରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ତାରରୁ ଖଣ୍ଡିଏ ଲେଖାଏଁ କାଟିନେଇ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏଥିରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ତାରର

ରେଖୀୟ ସାନ୍ଦ୍ରତା, m (Linear density or Mass Per unit length) ବାହାର କର । ଫଳଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରକାରେ ଲେଖି ରଖ :—

ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m	ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l	$l\sqrt{m}$

$l \times \sqrt{m}$ ଗୁଣଫଳ ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେବ । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ଦୋଳନାଙ୍କ ଓ ଟାଣବଳ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥିଲେ ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ରେଖୀୟ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ରହେ । ଏହାର କାରଣ, ପ୍ରଥମ ନିୟମାନୁଯାୟୀ $n \propto \frac{1}{l}$

ପୁଣି ଯଦି $n \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$ ହୁଏ, ତେବେ n ସ୍ଥିର ରହିଥିଲେ $\frac{1}{l} \times \frac{1}{\sqrt{m}}$ ବା $l \times \sqrt{m}$ ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେବ । ଏହାଦ୍ୱାରା ତୃତୀୟ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ପ୍ରମାଣିତ ହେଲା ।

ଟିପ୍ପଣୀ : ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ସ୍ୱର ସହିତ ତାରର ସ୍ୱରକୁ ମିଳାଇଲାବେଳେ କାଗଜର ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ଆରୋହୀ (Paper Rider) ନେଇ ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ରଖାଯାଏ । ସ୍ୱର ଦୁଇଟିର ଏକ ସ୍ୱନରେ ଉଭୟ ସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ ଠିକ୍ ସମାନ ହୋଇଯାଏ । ସେତେବେଳେ ତାରର ସେତୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଅଂଶ ସଂବେଦନ ଯୋଗୁଁ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ସ୍ପନ୍ଦନ ଗ୍ରହଣ କରିନିଏ ଓ ନିଜେ ସ୍ପନ୍ଦନ କରେ । ଏହା ଫଳରେ କାଗଜ ଆରୋହୀଟି ତାର ଉପରୁ ଉଠିଯାଇ ଦୂରରେ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ । ଏହି ଉପାୟରେ ସ୍ୱର ଦୁଇଟିକୁ ଏକସ୍ୱନୀ କରାଯାଇଥାଏ ।

26.3 ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଫୋର୍କର ପରମ ଆବୃତ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ସୋନୋମିଟରର ଖଣ୍ଡେ ତାରର ସ୍ୱର ସହିତ ପ୍ରଦତ୍ତ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଫୋର୍କର ସ୍ୱରକୁ ମିଳାଇ ସ୍ୱର ଦୁଇଟି ଏକ ସ୍ୱନୀ (Unison) କର । ତାରର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ମାପି ଲେଖ । ତାରର ଟାଣବଳ T ଡାଇନ୍‌ରେ ଲେଖି ରଖ । ସେହି ତାରରୁ ଖଣ୍ଡେ କାଟିନେଇ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପ କର ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଏହି ମାପରୁ ତାରର ରେଖୀୟ ସାନ୍ଦ୍ରତା mର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ପରିଶେଷରେ $n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଫୋର୍କର ଦୋଳନାଙ୍କ nର ମୂଲ୍ୟ ହିସାବ କର ।

ଉଦାହରଣ—

(1) 140 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 52 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାର 16 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ ଦ୍ୱାରା ଟଣାହୋଇ ରହିଛି । 'g'ର ମୂଲ୍ୟ 980 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ^2 ହେଲେ ତାରର ମୂଳ ସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ $2l=140$ ସେ:ମି:

ପୁଣି $T=16\times1000\times980$ ଡାଇନ୍

$m=\frac{52}{140}$ ଗ୍ରାମ୍/ସେ:ମି:

$n=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$ ସମୀକରଣରେ ମୂଲ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାପନ କଲେ

$$n=\frac{1}{140}\sqrt{\frac{16\times1000\times980\times140}{52}}$$

$=46.4$

ଉଦାହରଣ—

(2) 80 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଅନମନୀୟ ତାରର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 0·40 ଗ୍ରାମ୍ । 50 ସେ:ମି: ବ୍ୟବଧାନରେ ଥିବା ଦୁଇଗୋଟି ଘୋଧନ ଉପରେ 500 ନିଉଟନ୍ ବଳଦ୍ୱାରା ତାରଟି ଟଣା ହୋଇରହିଛି । ତାରଟିର କମ୍ପନର ବିଭିନ୍ନ ଆବୃତ୍ତି ଗଣନ କର ।

$$v=\sqrt{\frac{T}{m}}=\sqrt{\frac{500 \text{ ନିଉଟନ୍}}{0.40\times10^{-3} \text{ କି:ଗ୍ରା:}/0.80 \text{ ମିଟର}}}$$

$=\sqrt{10^6 \text{ ମିଟର}^2/\text{ସେକେଣ୍ଡ}^2}=1000$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ।

ମୂଳପ୍ରକାରର କମ୍ପନରେ

$L=\frac{\lambda}{2}=1.00$ ମିଟର

ଅଥବା $\lambda=2L=2\times0.50$ ମିଟର

$$\therefore f=\frac{v}{\lambda}=\frac{1000 \text{ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ}}{1.00 \text{ ମିଟର}}=1000 \text{ କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ।}$$

ଅନ୍ୟ ସାମ୍ଭବ୍ୟ ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି 1000 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣିତକଗୁଡ଼ିକ, ଯଥା :—2000, 3000, 4000......କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ।

ଉଦାହରଣ—

(3) 80 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ରଜ୍ଜୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 6.4×10^{-2} ଗ୍ରାମ । ରଜ୍ଜୁଟି 96 ନିଉଟନ ବଳ ଦ୍ୱାରା ଟଣାହୋଇ ରହିଛି । ମୂଳ କମ୍ପନର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ?

$$v=\sqrt{\frac{F}{m}}=\sqrt{\frac{96 \text{ ନିଉଟନ}}{6.4\times10^{-5} \text{ କି:ଗ୍ରା:}/0.80 \text{ ମିଟର}}}$$

$=1.1\times10^3$ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ।

$$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{v}{2L}=\frac{1.1\times10^3 \text{ ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ}}{2\times0.80 \text{ ମିଟର}}$$

$=6.9\ \ 10^2$ କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ।

ସାରାଂଶ

1. 'l' ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 'm' ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ରଜ୍ଜୁ 'T' ପରିମାଣର ବଳ ଦ୍ୱାରା ଟଣା ହୋଇ ରହିଥିଲେ ରଜ୍ଜୁରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ମୂଳ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି,

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$$

2. ମରିସେନିଙ୍କ ନିୟମ :—

(କ) କୌଣସି ରଜ୍ଜୁ ଓ ତାହାର ଟାଣ ବଳ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥିଲେ ତାହାର ମୂଳସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ରହିଥାଏ ।

(ଖ) କୌଣସି ରଜ୍ଜୁ ଓ ତାହାର ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହି ତାହାର ଟାଣ ବଳରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିଲେ ରଜ୍ଜୁର ମୂଳ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ତାହାର ଟାଣ ବଳର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ରହିଥାଏ ।

(ଗ) ସ୍ପନ୍ଦନୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ଟାଣବଳ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହି ରଜ୍ଜୁର ବ୍ୟାସ କିମ୍ବା ରଜ୍ଜୁ ନିର୍ମିତ ପଦାର୍ଥରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିଲେ ରଜ୍ଜୁର ମୂଳ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ତାହାର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବସ୍ତୁତ୍ୱ (ବା ରେଖୀୟ ଘନତ୍ୱ)ର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ବିଷମାନୁପାତିକ ରହିଥାଏ ।

3. ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ ଉପରୋକ୍ତ ନିୟମଗୁଡ଼ିକର ସତ୍ୟାପନ ସୋନୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ କରାଯାଇପାରିବ ।

4. ସୋନୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଫୋର୍କର ଆବୃତ୍ତି ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. କୌଣସି ଟଣା ତାରରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ତାରତ୍ୱ (Pitch) ତାରର (1) ଟାଣ ବଳ (Stretching force), (2) ସ୍ପନ୍ଦନ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ (3) ରେଖୀୟ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉପରେ କି ରୂପେ ନିର୍ଭର କରେ ?

ଗୋଟିଏ ଟଣା ତାରର ଦୋଳନାଙ୍କ ସହିତ ତୁଳନା କରି ଗୋଟିଏ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କର ଦୋଳନାଙ୍କ କି ରୂପେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବ, ସେଥି ସକାଶେ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

2. ରଜ୍ଜୁର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ସ୍ପନ୍ଦନର ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ଲେଖି ସେଗୁଡ଼ିକର ସତ୍ୟାପନ ସକାଶେ ଆବଶ୍ୟକ ପରୀକ୍ଷାଗୁଡ଼ିକୁ ବର୍ଣ୍ଣନ କର ।

ଗୋଟିଏ ଧ୍ୱନନ ଫଳକ ଉପରେ ସମାନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ପରିସର (Dimension) ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଗୋଟି ତାର ଯଥାକ୍ରମେ 8 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ଓ 18 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ବଳଦ୍ୱାରା ଟଣା ହୋଇରହିଛି । ମୂଳ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ସ୍ପନ୍ଦନ ଯୋଗୁଁ ତାର ଦୁଇଟିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ ତୁଳନା କର । (ଉତ୍ତର: 2:3)

3. ଗୋଟିଏ ସୋନୋମିଟରର ବର୍ଣ୍ଣନ କର । ତାହା ବ୍ୟବହାର କରି ରଜ୍ଜୁର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ସ୍ପନ୍ଦନର ନିୟମଗୁଡ଼ିକର ସତ୍ୟାପନ ସକାଶେ କି ପରୀକ୍ଷା କରିବ, ତାହାର ବିବରଣୀ ଦିଅ । କୌଣସି ସୋନୋମିଟରର ତାର ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 100 ଥର ଦୋଳନ କରୁଛି । ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ଦୁଇଗୁଣ କରିଦିଆଗଲା ଓ ଟାଣବଳକୁ ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଗଲା । ଏହା କରିବାଦ୍ୱାରା ତାରଟି ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 150 ଥର ଦୋଳନ କଲା । ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଟାଣବଳ ଓ ପୂର୍ବ ଟାଣବଳ ମଧ୍ୟରେ ଅନୁପାତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉତ୍ତର: 9:1)

4. କୌଣସି ଟଣା ତାରରୁ ଜାତହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ତାରତ୍ୱ କେଉଁ କାରଣ (Factor) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ?

35 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସୋନୋମିଟରର ତାର ପ୍ରତି 2 କି:ଗ୍ରା: ଟାଣବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯିବାରୁ ତାରଟି ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 300 ଥର ଦୋଳନ କଲା । ତାରଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: 2·18 ଗ୍ରା:)

5. ରଜ୍ଜୁର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ସ୍ପନ୍ଦନର ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ଲେଖ । ଏହି ନିୟମଗୁଡ଼ିକର ସତ୍ୟାପନ କେଉଁ ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପାଦନ କରିବ, ତାହା ବର୍ଣ୍ଣନ କର । 1 ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 40 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାରକୁ 100 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନର ବଳ ଟାଣିରଖିଛି । ତାରଟିର ଦୋଳନାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର: $35\sqrt{5}$)

6. କୌଣସି ରଜ୍ଜୁର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 256 ଥର ସ୍ପନ୍ଦନ କରୁଛି । ଯଦି ରଜ୍ଜୁଟିର (କ) ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦୁଇଗୁଣ କରାଯାଏ (ଖ) ଟାଣବଳ ଦୁଇଗୁଣ କରାଯାଏ, ତେବେ ତାରଟିର ଦୋଳନାଙ୍କ କେତେହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉତ୍ତର: (କ) 128 (ଖ) 361·98]

7. ରଜ୍ଜୁର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ସ୍ପନ୍ଦନର ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ଲେଖି ସୋନୋମିଟରର ସାହାଯ୍ୟରେ ସେଗୁଡ଼ିକର ସତ୍ୟାପନ କି ରୂପେ କରାଯାଇପାରିବ, ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

100 ସେ.ମି. ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଖୋଲା ଅରଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ର ମୂଳ ସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ, 40 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 0·1 ଗ୍ରାମ୍/ସେ:ମି: ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସୋନୋମିଟରର ତାରର ମୂଳସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ ସହିତ ସମାନ । ତାରଟିର ଟାଣ ବଳର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 332 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ ।

(ଉତ୍ତର : 108·41 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ)

8. 100 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 1·8 ମି:ମି: ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ପିତଳ ତାର (ସାନ୍ଦ୍ରତା 8·4 ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି:)କୁ 20 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନର ବଳ ଟାଣି ରଖିଛି । ତାରଟିର ମୂଳସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (g=980 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ^2)

(ଉତ୍ତର : 47·6)

୨. ସମାନ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ସୋନୋମିଟର ତାରର ଘନ ସମାନ । ସେଥିରୁ ଗୋଟିଏ ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 36 ଇଞ୍ଚ ଓ ତାହା 100 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ବଳ ଦ୍ୱାରା ଟଣା ହୋଇରହିଛି । ଦ୍ୱିତୀୟ ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 45 ଇଞ୍ଚ ହେଲେ, ତାହାର ଟାଣ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର : 156·25 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ)

10. 24 ଇଞ୍ଚ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ $\frac{1}{12}$ ଆଉନ୍‌ସ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ରଜ୍ଜୁକୁ 81 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନର ବଳଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ସୋନୋମିଟରରେ ଟାଣି ରଖାଯାଇଛି । ରଜ୍ଜୁର ମୂଳ ସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉତ୍ତର : 29·4)

11. ଗୋଟିଏ ସୋନୋମିଟର ତାରରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ମୂଳ ସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ 150; ସେହି ତାରର ଟାଣ ବଳ ଓ ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ଯଥାକ୍ରମେ 9:16 ଓ 1:2 ଅନୁପାତରେ ବୃଦ୍ଧି କଲେ ସେଥିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରର ଦୋଳନାଙ୍କ କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉତ୍ତର : 100)

12. 1 ମି:ମି: ବ୍ୟାସ ଓ 200 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସୋନୋମିଟର ତାରର ମୂଳ ସ୍ୱନର ଦୋଳନାଙ୍କ 35 ହେଲେ ତାରଟିର ଟାଣ ବଳ (Tension) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ତାରଟିର ସାନ୍ଦ୍ରତା 5·09 ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ:ମି: ।
(ଉତ୍ତର : 7·53 କି.ଗ୍ରା. ଓଜନ)

13. ଟଣା ଯାଇଥିବା ଗୋଟିଏ ଇସ୍ପାତ ତାର 240 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ମୂଳ ଆବୃତ୍ତିରେ କମ୍ପନ କରୁଛି । ତାରଟିର ତାନ ଦୁଇଗୁଣ କରି ଦେଲେ କମ୍ପନର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ହେବ । (ଉତ୍ତର : 339·4 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ)

14. 30 ପାଉଣ୍ଡ ତାନରେ ଥିବା 36 ଇଞ୍ଚ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ରଜ୍ଜୁ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 500 କମ୍ପନ କରୁଛି । ରଜ୍ଜୁଟିର ତାନ 15 ପାଉଣ୍ଡକୁ କମାଇ ଦେଲେ କମ୍ପନର ହାର କେତେ ହେବ ? (ଉତ୍ତର : 350 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ)

15. 80 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ରଜ୍ଜୁ 8·0 କି:ଗ୍ରା: ଓଜନ ଦ୍ୱାରା ଟଣା ହୋଇ ରହିଛି । ରଜ୍ଜୁଟିର ରୈଖିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା $4{\cdot}0 \times 10^{-5}$ କି:ଗ୍ରା:/ମିଟର । (କ) ରଜ୍ଜୁରେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ଗଣନ କର । (ଖ) ମୂଳ ଓ ପ୍ରଥମ ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ଗଣନ କର । (ଉତ୍ତର : 450 ମିଟର/ସେକେଣ୍ଡ, 281·3 ଓ 562·5 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ)

16. କୌଣସି ଟଣା ରଜ୍ଜୁ 12 ପାଉଣ୍ଡ ତାନରେ ଥିବା ବେଳେ ତାହାର ଦ୍ୱିତୀୟ ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ଯେତିକି, ସେହି ରଜ୍ଜୁଟି କେତେ ତାନରେ ଟଣା ହୋଇଥିଲେ ତାହାର ତୃତୀୟ ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ସେତିକି ହେବ ? (ଉତ୍ତର : 6·8 ପାଉଣ୍ଡ)

17. କୌଣସି ଟଣା ରଜ୍ଜୁ $4{\cdot}96 \times 10^{-5}$ ଡାଇନ୍ ତାନରେ ଥିବାବେଳ ତାହାର ଦ୍ୱିତୀୟ ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ଯେତିକି, ସେହି ରଜ୍ଜୁଟି କେତେ ତାନରେ ଟଣା ହୋଇଥିଲେ ତାହାର ମୂଳ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ସେତିକି ହେବ ? (ଉତ୍ତର : $44{\cdot}64 \times 10^{5}$ ଡାଇନ୍)

18. 40 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାରର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 0·125 ଗ୍ରାମ । ତାରଟିର ତାନ $5{\cdot}00 \times 10^{5}$ ଡାଇନ୍ ହେଲେ ମୂଳ କମ୍ପନର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ? ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ବାୟୁରେ ସେହି ସ୍ୱରର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ?
(ଉତ୍ତର : 160 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ; 2·07 ମିଟର)

19. 60·0 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାରର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 0·125 ଗ୍ରାମ୍ । ତାରଟିରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ମୂଳ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି 250 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ ତାରଟିର ତାନ କେତେ ହେବ ? ବାୟୁରେ ସେହି ଧ୍ୱନିର ତରଙ୍ଗ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ?
(ଉତ୍ତର : 19 ନିଉଟନ୍ ବା 1900 ଗ୍ରାମ୍ ଓଜନ; 130 ସେ:ମି:)

20. 75 ସେ:ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଗୋଟିଏ ରଜ୍ଜୁ 4·0 କି:ଗ୍ରା:ର ଓଜନ ଦ୍ୱାରା ଟଣା ହୋଇ ରହିଥିଲେ ରଜ୍ଜୁଟିର ପ୍ରଥମ ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ହେଉଛି 200 । ରଜ୍ଜୁଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କେତେ ?
(ଉତ୍ତର : 1·30 ଗ୍ରାମ୍)

ସପ୍ତବିଂଶ ଅଧ୍ୟାୟ

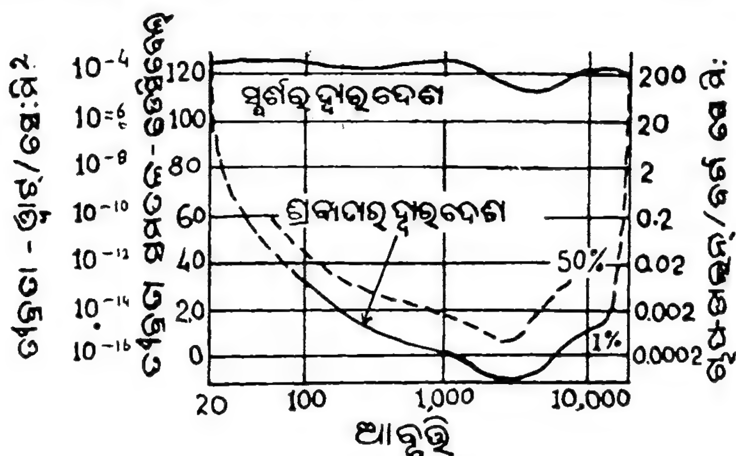
ଧ୍ୱନି ବିଜ୍ଞାନ

Acoustics

ଆମର ଶ୍ରବଣ ଅନୁଭୂତି ସହିତ ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ପତ୍ତି ଓ ସଂଚରଣର ସମ୍ପର୍କ ଧ୍ୱନି ବିଜ୍ଞାନର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ଆମେ ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ପତ୍ତି ଓ ସଞ୍ଚରଣର ସମସ୍ୟାଗୁଡ଼ିକ ଏଥିପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚନା କରିଛୁ । ସେହି ଘଟଣାଗୁଡ଼ିକ ଆମର ଶ୍ରବଣ ଅନୁଭୂତିକୁ କେତେଦୂର ପ୍ରଭାବିତ କରୁଛନ୍ତି, ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର ପ୍ରଧାନ ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ ହେବ ।

ଆମର ଶ୍ରବଣ ଯନ୍ତ୍ର ସଂପୀଡ଼ିତ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକୁ ଗ୍ରହଣ କରି ସେହି ଉଦ୍ଦୀପନାକୁ ଅନୁଭୂତିରେ ପରିଣତ କରିପାରେ । ଦୁଇ ବା ତତୋଽଧିକ ଧ୍ୱନି ଏକ ସମୟରେ କର୍ଣ୍ଣ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚିଲେ, ସେଗୁଡ଼ିକର ତାରତ୍ୱ, ଗୁଣ ଏବଂ ତୀବ୍ରତା ଲକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକରୁ ଗୋଟିଏ ବା ତତୋଽଧିକର ପ୍ରଭେଦ ଅନୁଯାୟୀ, କର୍ଣ୍ଣ ସେ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିପାରେ । କର୍ଣ୍ଣ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚିବା ଧ୍ୱନିତରଙ୍ଗର ଭୌତିକ ଲକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ଏହି ଲକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକଟି ଘନିଷ୍ଠଭାବେ ସଂପୃକ୍ତ । ତାରତ୍ୱ, ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ପ୍ରଧାନତଃ ସଂପୃକ୍ତ; ଧ୍ୱନି ଗୁଣ ତରଙ୍ଗର ଜଟିଳତା ସହିତ ସଂପୃକ୍ତ; ପୁଣି ତୀବ୍ରତା, କର୍ଣ୍ଣକୁ ଶକ୍ତି ସଞ୍ଚରିତ ହେବା ହାର ସହିତ ସଂପୃକ୍ତ ।

ସମଗ୍ର ସଂପୀଡ଼ିତ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଶ୍ରବଣ ଅନୁଭୂତି ସୃଷ୍ଟି କରିପାରନ୍ତି ନାହିଁ । କେତେକ ତରଙ୍ଗ ଅନୁଭୂତିପାଇଁ ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ସଞ୍ଚରଣ କରିପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ଏହି ତୀବ୍ରତା



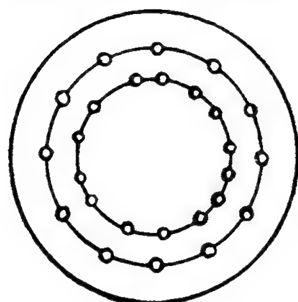
(ଚିତ୍ର 156)

ଯଥେଷ୍ଟ ଅଳ୍ପ (ଚିତ୍ର 156) । ଆଉ କେତେକ ତରଙ୍ଗ ଅତ୍ୟଧିକ ଶକ୍ତି ସଞ୍ଚରଣ କରି ଅନୁଭୂତିଟିକୁ ଧ୍ୱନି ପରିବର୍ତ୍ତେ ଯନ୍ତ୍ରଣାରେ ପରିଣତ କରିଥାନ୍ତି । ଆବୃତ୍ତି ଅତ୍ୟନ୍ତ ନ୍ୟୂନ

ହୋଇଥିଲେ, ଧ୍ୱନିର ଅନୁଭୂତି ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ନାହିଁ । କର୍ଣ୍ଣ ଯେଉଁ ସମ୍ପୀଡ଼ୀୟ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତିର ସୁଗ୍ରାହୀ, ସେଗୁଡ଼ିକଠାରୁ କମ୍ ଆବୃତ୍ତିର ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଅବସ୍ୱନିକ (Infra Sonic) ତରଙ୍ଗରୂପେ ପରିଚିତ । ସେହିପରି ଆବୃତ୍ତି ଅତି ଉଚ୍ଚ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଧ୍ୱନିର ଅନୁଭୂତି ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ନାହିଁ । ଏହିପରି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ପାରସ୍ୱନିକ (Ultra Sonic) ତରଙ୍ଗ ରୂପେ ପରିଚିତ ।

27.1 ସଙ୍ଗୀତ ତାନ :

ଯେଉଁ ଅନୁଭୂତିକୁ ଆମ୍ଭେମାନେ ସଙ୍ଗୀତ ତାନ ବୋଲି ବର୍ଣ୍ଣନ କରୁ, ତାହା କର୍ଣ୍ଣ ନିକଟକୁ ନିୟମିତ ଉତ୍ତରୋତ୍ତରରେ ଆସୁଥିବା ସମ୍ପୀଡ଼ନ ଓ ସେଗୁଡ଼ିକର ଅନୁଗାମୀ ବିରଳନଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ଜାତ ହୋଇଥାଏ; ଉତ୍ସର କମ୍ପନଗୁଡ଼ିକ ନିୟମିତ ବ୍ୟବଧାନରେ ସଂଘଟିତ ହେଲେ ସେହି ଉତ୍ସ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆବୃତ୍ତିର ସଙ୍ଗୀତ ତାନ ସୃଷ୍ଟି କରିବ । (ଚିତ୍ର 157)ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ଚକତିରେ ସମଦୂରରେ ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଖୋଲାଯାଇଛି । ଏହା ମଧ୍ୟକୁ ଜେଟ୍ ଦ୍ୱାରା ବାୟୁ ପ୍ରବାହ କରାଯାଉ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଚକତିଟିକୁ ଆବର୍ତ୍ତନ କଲେ, ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଦେଇ ବାୟୁ-ଫୁତ୍କାର ଗୁଡ଼ିକ (Puffs) ନିୟମିତଭାବେ ଉତ୍ତରୋ-ତ୍ତରରେ ବାହାରିବ । ଏଥିଦ୍ୱାରା ସଙ୍ଗୀତ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟିହେବ । କିନ୍ତୁ ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଅସମାନ ଦୂରରେ ରହିଥିଲେ ବାୟୁ କ୍ଷେପଣ ଫଳରେ ସେଥିରୁ ଏକ ତାରତ୍ୱ ବିହୀନ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହେବ । ବନ୍ଧୁକ ଗୁଳିର ଶବ୍ଦ କିମ୍ବା ଟେବୁଲ ପୃଷ୍ଠକୁ କୌଣସି ଦଣ୍ଡରେ ବାଡ଼େଇବାରେ ଜାତହେବା ଶବ୍ଦ ଏହି ପ୍ରକାରର ଧ୍ୱନି ।


(ଚିତ୍ର 157)

27.2 ତାରତ୍ୱ ଓ ଆବୃତ୍ତି :

ଧ୍ୱନିର ଯେଉଁ ଲକ୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ କର୍ଣ୍ଣ ତାକୁ ଏକ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍କେଲରେ ସ୍ଥାନ ଦେଇଥାଏ, ସେହି ଲକ୍ଷଣକୁ ତାରତ୍ୱ କୁହାଯାଏ । କର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସଙ୍ଗୀତ ତାନକୁ ଏହିପରି ଏକ ସ୍ଥାନ ଦେଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ଟଣା ରଜ୍ଜୁକୁ ଟାଣିଲେ ଯେଉଁ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହୁଏ, ତାହା ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାରତ୍ୱର ଅନୁଭୂତି ଜନ୍ମାଏ । ରଜ୍ଜୁର ଟାଣ (Tension) ବୃଦ୍ଧିକଲେ ତାରତ୍ୱ ଉଚ୍ଚତର ହୁଏ । ଆମେ ଆଗରୁ ଦେଖିଛୁ ଯେ, କୌଣସି ରଜ୍ଜୁର ଟାଣ ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ ତା'ର କମ୍ପନର ଆବୃତ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ତାହାହେଲେ ତାରତ୍ୱ ସହିତ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରଧାନ ଭୌତିକ ଲକ୍ଷଣ ହେଉଛି ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି ।

ମନୁଷ୍ୟ କର୍ଣ୍ଣ ଯେଉଁ ଆବୃତ୍ତି ଗ୍ରହଣ କରିପାରେ, ବ୍ୟକ୍ତିବିଶେଷରେ ତାହା ଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ସ୍ୱାଭାବିକ ସୁସ୍ଥ କର୍ଣ୍ଣ ପକ୍ଷରେ ଗ୍ରହଣଯୋଗ୍ୟ ଆବୃତ୍ତି ପ୍ରାୟ 20ରୁ 20,000 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସାଧାରଣତଃ ବ୍ୟକ୍ତିର ବୟସ ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ଉପର ସୀମାଟି ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

ସାଧାରଣ ବକ୍ତୃତା ବା ଭାଷଣର ଆବୃତ୍ତି 100ରୁ 8000/ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ରହିଲେ ଶୁଣିବାକୁ ଭଲ ଲାଗେ । ସମବେତ ସଙ୍ଗୀତ ପାଇଁ ଆବୃତ୍ତି 40ରୁ 14,000/ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ରେଡ଼ିଓ, ଟେଲିଫୋନ, ଫୋନୋଗ୍ରାଫ ପରି ଅଧିକାଂଶ ଧ୍ୱନି-ପୁନରୁତ୍ପାଦନ-ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତି ପରିସର କର୍ଣ୍ଣର ଶ୍ରବଣ ପରିସରଠାରୁ ବହୁତ ପରିମାଣରେ କମ୍ । କୌଣସି ଭଲ ରେଡ଼ିଓର ଧ୍ୱନି ପରିସର 40ରୁ 8000 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ଥିଲେ ପୁନରୁତ୍ପାଦନ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଗୁଣରେ, ତାହା ସମବେତ ସଙ୍ଗୀତଠାରୁ ଭିନ୍ନ ଅଟେ । ଆବୃତ୍ତି ପରିସର ବେଶୀ ସୀମିତ କରିଦେଲେ ପୁନରୁତ୍ପାଦନର ଗୁଣ ଅନୁରୂପ ହ୍ରାସ ହୋଇଯାଏ ।

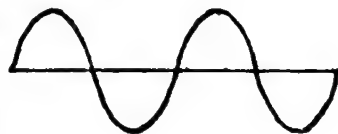
ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପୁନରୁତ୍ପାଦନ କରିବାକୁ ହେଲେ ପୁନରୁତ୍ପାଦକ ପ୍ରଣାଳୀରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ମୂଳ ଉତ୍ସର ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ଠିକ୍ ସଦୃଶ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ତାରତ୍ୱ ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ପ୍ରଧାନତଃ ସମ୍ପୃକ୍ତ ହୋଇଥିଲେହେଁ, ଅନ୍ୟ କେତେକ କାରଣ ମଧ୍ୟ ଅନୁଭୂତିକୁ ପ୍ରଭାବାନ୍ୱିତ କରିଥାନ୍ତି । ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତିର ତାନର ତାରତ୍ୱ ଉଚ୍ଚ କରେ; କିନ୍ତୁ ନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତିର ତାନର ତାରତ୍ୱ ନିମ୍ନ କରିଦିଏ । କୌଣସି ଜଟିଳ ତାନର ତାରତ୍ୱ ତାହାର ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱର ସଂରଚନା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କ୍ଷଣସ୍ଥାୟୀ ତାନଗୁଡ଼ିକର ତାରତ୍ୱ, ସମାନ ଆବୃତ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ଦୀର୍ଘସ୍ଥାୟୀ ତାନଗୁଡ଼ିକର ତାରତ୍ୱ ଅପେକ୍ଷା ନିମ୍ନତର ।

27.3 ଗୁଣ ଓ ଜଟିଳତା :

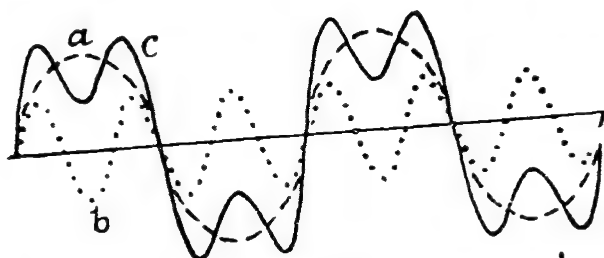
ଅନୁଭୂତିରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ, ପିଆନୋରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାରତ୍ୱର ତାନ, ଶିଙ୍ଗାରରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ସେହି ତାରତ୍ୱର ତାନଠାରୁ ଅତି ସହଜରେ ବାରି ହୋଇପାରେ । ତାନ ଦୁଇଟିର ପ୍ରଭେଦକୁ ତାନଗୁଣର ପ୍ରଭେଦ କୁହାଯାଏ । ଧ୍ୱନିର ଏହି ଲକ୍ଷଣ କର୍ଣ୍ଣ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚିବା ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ଜଟିଳତା ସହିତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ।

ଆମେ ଆଗରୁ ଦେଖିଛୁ ଯେ, କମ୍ପନଶୀଳ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକରୁ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଜାତ ହୁଏ । ଅଳ୍ପ କେତେକ ସ୍ଥଳରେ ବସ୍ତୁଟି ଗୋଟିଏ ମାତ୍ର ଆବୃତ୍ତିରେ କମ୍ପନ କରେ; କିନ୍ତୁ ଅଧିକାଂଶ ବସ୍ତୁ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଜଟିଳଭାବରେ କମ୍ପନ କରନ୍ତି । ଏହିପରି ଏକ କମ୍ପନଶୀଳ ବସ୍ତୁରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ, କମ୍ପନରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକର ଏକ ସମ୍ମିଳନ । ଆମେ ଯଦି କୌଣସି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫୋର୍କରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ତରଙ୍ଗର ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନ (ତରଙ୍ଗରେ ଥିବା ଚାପ ଓ ବାୟୁରେ ଥିବା ମାନକ ଚାପ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ) ଓ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଲେଖଚିତ୍ର (ଗ୍ରାଫ) ଅଙ୍କନ କରୁ, ତେବେ ଗ୍ରାଫ୍‌ଟି ଚିତ୍ର 158 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ଗ୍ରାଫ୍ ସଦୃଶ ହେବ । ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍‌ଫୋର୍କଟି କେବଳ ଗୋଟିଏମାତ୍ର ଆବୃତ୍ତିରେ କମ୍ପନ ହେଉଥିବାରୁ, ଗ୍ରାଫ୍‌ଟି ଫୋର୍କ ସହିତ ଆବୃତ୍ତିରେ ସମାନ ଥିବା ଗୋଟିଏ ସରଳ ସାଇନ୍ ଗ୍ରାଫ୍ ହୋଇଅଛି । ଯଦି ପ୍ରଥମ ଫୋର୍କର ତିନିଗୁଣ ଆବୃତ୍ତି ପୁଣି ଠିକ୍ ଅଧା ବିସ୍ତାର ଥିବା ଆଉ ଗୋଟିଏ ଫୋର୍କ ଶବ୍ଦ କରାଇ ପ୍ରଥମଟି ପାଖରେ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ଚିତ୍ର 159 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ଭଳି ତରଙ୍ଗ ଦୁଇଟି ସମ୍ମିଳିତ ହେବେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ନିହିତ ଚାପ ବିଭିନ୍ନ ଚାପଗୁଡ଼ିକର ଯୋଗଫଳ ହେବ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁଠାରେ a ଓ b ର କୋଟିଗୁଡ଼ିକୁ (Ordinates) ଯୋଗକଲେ ଜଟିଳ ତରଙ୍ଗ c ର କୋଟି ପାଇବା ।



(ଚିତ୍ର 158)

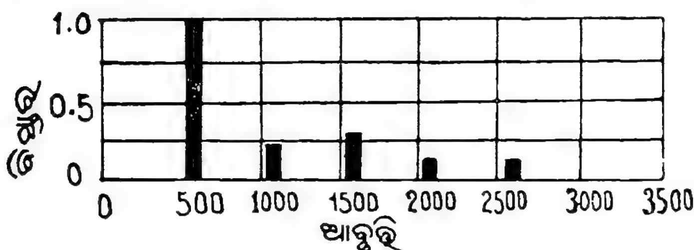
ଏକରୁ ଅଧିକ ଆବୃତ୍ତିରେ କମ୍ପନ କରୁଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁରୁ ଏକ ଜଟିଳ ତରଙ୍ଗ ଜାତ ହୁଏ । ଏହି ଜଟିଳତା, ଧ୍ୱନିର ଗୁଣ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରେ, ଉପସ୍ଥିତ ଅତିରିକ୍ତ



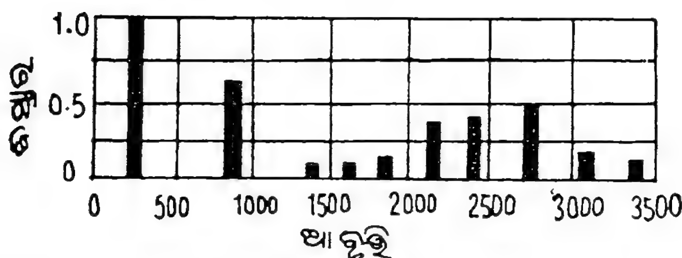
(ଚିତ୍ର 159)

ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ଓ ଆପେକ୍ଷିକ ତୀବ୍ରତାଦ୍ୱାରା ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ । 10ରୁ ଅଧିକ ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱର ଥିବା ଭାୟୋଲିନ୍ (ବେହେଲା)ର ସମୃଦ୍ଧ ତାନ ଭଳି କୌଣସି ବିଶୁଦ୍ଧ ତାନ (ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱର ନ ଥିବା) ଶ୍ରୁତି ମଧୁର ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । ଯେକୌଣସି ଜଟିଳ ତରଙ୍ଗକୁ ବହୁସଂଖ୍ୟକ ସରଳ ତରଙ୍ଗରୂପେ ବିୟୋଜିତ କରାଯାଇପାରେ । ତରଙ୍ଗ ଯେତେ ଜଟିଳ ହୋଇଥାଏ, ତାକୁ ଅବଦାନ କରୁଥିବା ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ସେତେ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।

ବିଭିନ୍ନ ସଙ୍ଗୀତ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଜାତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ଆକାର ପୁଣି ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱର ଗଠନ ଚିତ୍ର 160 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ତରଙ୍ଗ ଆକାରଗୁଡ଼ିକ



a



(ଚିତ୍ର 160)

କ୍ୟାଥୋଡ୍-ରଶ୍ମି-ଅସିଲୋଗ୍ରାଫ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଅଙ୍କନ କରାଯାଇପାରିବ । ଗୋଟିଏ ମାଇକ୍ରୋଫୋନ୍ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଗ୍ରହଣ କରି ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନଗୁଡ଼ିକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆବେଗଗୁଡ଼ିକରେ ରୂପାନ୍ତରିତ କରେ । ତା'ପରେ ଏହିଗୁଡ଼ିକ ପରିବର୍ଦ୍ଧିତ ହୋଇ ଗୋଟିଏ ସୁଗ୍ରାହୀ ପରଦାରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ, ତରଙ୍ଗ ଆକାରରେ ଲିପିବଦ୍ଧ କରିବା ସକାଶେ, ଗତିଶୀଳ କରାଏ ।

27.4 ପ୍ରବଳତା ଓ ତୀବ୍ରତା :

ଧ୍ୱନିର ପ୍ରବଳତା ହେଉଛି ଧ୍ୱନି ପ୍ରଦାନ କରୁଥିବା ଶ୍ରବଣ ଅନୁଭୂତିର ପରିମାଣ । ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନି ଶକ୍ତିର ହାର । ତୀବ୍ରତାକୁ ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପଦରେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରକାଶ କରଯାଇପାରେ, କାରଣ ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହର ହାର ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ।

ଧ୍ୱନିର ପ୍ରବଳତା ଉଭୟ ତୀବ୍ରତା ଓ ଆବୃତ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆବୃତ୍ତିରେ ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ ପ୍ରବଳତା ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ଆବୃତ୍ତି, ତୀବ୍ରତା ଓ ଶ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ପୂର୍ବେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଶ୍ରବଣର ନିମ୍ନସୀମା ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଥିବା ରେଖାର ତଳକୁ ଥିବା ତୀବ୍ରତାଗୁଡ଼ିକ ଶ୍ରବଣର କୌଣସି ଅନୁଭୂତି ସୃଷ୍ଟି କରିବାପାଇଁ ଯଥେଷ୍ଟ ନୁହନ୍ତି । ବକ୍ରରେଖାଟି ଦର୍ଶାଉଛି ଯେ, ସ୍ୱାଭାବିକ କର୍ଣ୍ଣ 2000ରୁ 4000 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତି ପରିସରରେ ଅତ୍ୟନ୍ତ ସୁଗ୍ରାହୀ; ଅର୍ଥାତ୍ ଧ୍ୱନିର ଅନୁଭୂତି ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସକାଶେ ଏହି ପରିସରରେ ନ୍ୟୂନତମ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ତୀବ୍ରତା ଅତ୍ୟଧିକ ହେଲେ ଶ୍ରବଣ ପରିବର୍ତ୍ତେ ସ୍ପର୍ଶ କିମ୍ବା ଯନ୍ତ୍ରଣା ଅନୁଭୂତ ହୋଇଥାଏ । ସ୍ପର୍ଶ ନିମ୍ନସୀମା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରୁଥିବା ଉପର ବକ୍ରରେଖାଟି ଏହା ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ । ବକ୍ରରେଖା ଦୁଇଟି ଦ୍ୱାରା ସୀମାବଦ୍ଧ ହୋଇଥିବା ତୀବ୍ରତା ଓ ଆବୃତ୍ତିର ଅଞ୍ଚଳରେ କେବଳ ଶ୍ରବଣର ଅନୁଭୂତି ରହିଛି ।

ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସୁଗ୍ରାହିତାର ଅଞ୍ଚଳରେ ତୀବ୍ରତାର ଅତ୍ୟନ୍ତ ବିସ୍ତାରିତ ପରିସରରେ କର୍ଣ୍ଣ ଧ୍ୱନି ଶୁଣିବାକୁ କ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ । ଶ୍ରବଣ ପାଇଁ କର୍ଣ୍ଣ ନିକଟରେ ତୀବ୍ରତାର ନିମ୍ନତମ ସୀମା ହେଲ ପ୍ରାୟ 10^{-16} ଓ୍ୱାଟ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି:, କିନ୍ତୁ ସ୍ପର୍ଶବୋଧ ପାଇଁ ଧ୍ୱନି ରୂପେ କର୍ଣ୍ଣଗୋଚର ହେବା ସର୍ବୋଚ୍ଚ ତୀବ୍ରତା ପ୍ରାୟ 10^{-4} ଓ୍ୱାଟ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି: । ସୁତରାଂ ଏହି ସର୍ବୋଚ୍ଚ ତୀବ୍ରତା ସର୍ବନିମ୍ନ ତୀବ୍ରତାର 10^{12} ଗୁଣ ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତି ମଧ୍ୟ କର୍ଣ୍ଣର ସୁଗ୍ରାହିତା ଖୁବ୍ ବେଶୀ । ଶ୍ରବଣବୋଧର ନିମ୍ନସୀମାରେ ତରଙ୍ଗରେ ଚାପ, ସାଧାରଣ ଚାପଠାରୁ ପ୍ରାୟ 0·0002 ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ; ପୁଣି ତୀବ୍ରତମ ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକ ସକାଶେ ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରାୟ 200 ଡାଇନ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି: ହୋଇଥାଏ । ତୀବ୍ରତାର ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକ ସକାଶେ ହେବା ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନ, ନିମ୍ନତମ ତୀବ୍ରତାର ଧ୍ୱନି ସକାଶେ ହେବା ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନର ପ୍ରାୟ ଏକନିୟୁତ ଗୁଣ ଅଟେ ।

କୌଣସି ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗରେ, କମ୍ପନଶୀଳ ବାୟୁ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ବହୁତ ଦୂରକୁ କିମ୍ବା ଦ୍ରୁତରେ ଗତି କରନ୍ତି ନାହିଁ । ତୀବ୍ରତମ ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକର ବିସ୍ଥାପନ ପ୍ରାୟ $5{\cdot}4\times10^{-3}$ ସେ:ମି:; କିନ୍ତୁ ଶ୍ରବଣର ନିମ୍ନସୀମାରେ ତାହା ଏହି ମୂଲ୍ୟର ଏକ ନିୟୁତାଂଶ । ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିରୁ ଗଣନ କରଯାଇଥିବା ଅନୁରୂପ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବେଗ ହେଉଛି ପ୍ରାୟ 68 ସେ:ମି:/ସେକେଣ୍ଡ ।

ପ୍ରାୟୋଗିକ କାର୍ଯ୍ୟ ସକାଶେ ପ୍ରବଳତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ ଦରକାର ହୁଏ । କୌଣସି ଅନୁଭୂତିର ପରିମାଣ ତୀବ୍ରତାର ଲଗାରିଥମ୍ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ବୋଲି ମନୋବିଜ୍ଞାନରେ ଏକ ନିୟମ ଅଛି ।

ଅର୍ଥାତ୍ $S = K \log. \frac{I}{I_o}$ ....(1)

ଏଥିରେ S ହେଉଛି ଅନୁଭୂତିର ପରିମାଣ (ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତା ସକାଶେ), I ହେଉଛି ତୀବ୍ରତା, ପୁଣି I_o ହେଉଛି କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ତରରେ ତୀବ୍ରତା । ଏହି ନିୟମ 'ଉଇବେର୍-ଫେସ୍‌ନେର ନିୟମ (Weber-Fechner law)' ରୂପେ ପରିଚିତ । ଏହି ନିୟମ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରବଳତା ଓ ତୀବ୍ରତା ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ଠିକ୍‌ରୂପେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ ନାହିଁ; ତଥାପି ଅଧିକାଂଶ ଆବୃତ୍ତିର ବିଶୁଦ୍ଧ ତାନଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତି ଏହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ । ଜଟିଳ ତାନଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତି ଏହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ନୁହେଁ ।

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ଅନୁଭୂତି S ସ୍ଥାନରେ ଆମ୍ଭେମାନେ ତତ୍‌ତୁଲ୍ୟ ତୀବ୍ରତା ୯ ବ୍ୟବହାର କଲେ—

$୯ = \log \frac{I}{I_o}$ ....(2)

ଦ୍ୱିତୀୟ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରକୃତ ତୀବ୍ରତା ପ୍ରଥମ ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତାର 10 ଗୁଣ ହେଲେ ଅନୁଭୂତିର ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଏକ ଏକକ ଲଭ ହୁଏ । ସେଥିପାଇଁ ଦୁଇଟି ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତାର ପ୍ରଭେଦ 10ର ଏକ୍‌ସପୋନେଣ୍ଟ (Exponent) ରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଏହା ତୀବ୍ରତାଗୁଡ଼ିକର ଅନୁପାତ ଅଟେ । ଏକ୍‌ସପୋନେଣ୍ଟ ଏକକକୁ ବେଲ୍ (Bel) କୁହାଯାଏ । ଧ୍ୱନି ବିଜ୍ଞାନରେ ଆଲେକ୍‌ଜାଣ୍ଡର ଗ୍ରାହାମ୍ ବେଲ୍‌ଙ୍କର (1847-1922) ଗବେଷଣା ପୃଥିବୀ ପ୍ରସିଦ୍ଧ । ସୁତରାଂ ତାଙ୍କର ନାମାନୁକରଣରେ ଏହି ଏକକର ଏପରି ନାମକରଣ ହୋଇଛି । ଯଦି କୌଣସି ଏକ ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା ଅନ୍ୟ ଏକ ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତାର 10 ଗୁଣ ହୁଏ, ତେବେ ଧ୍ୱନି ଦୁଇଟିର ତୀବ୍ରତା ମୂଲ୍ୟର ପ୍ରଭେଦ ହେଉଛି ଏକ ବେଲ୍ । ବେଲଟି ଏକ ଅସୁବିଧାଜନକ ବଡ଼ ଏକକ । ସୁତରାଂ ସାଧାରଣ ପ୍ରାୟୋଗିକ କାର୍ଯ୍ୟରେ ତାହାର ଏକ ଦଶମାଂଶ, ଅର୍ଥାତ୍ ଡେସିବେଲ୍ (Decibel=0·1 bel) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

କୌଣସି ଧ୍ୱନିରେ ତୀବ୍ରତା ଯଦି ଶତକଡ଼ା 26 ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ତୀବ୍ରତା ଏକ ଡେସିବେଲ୍ ବଦଳିଲା ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ଏହି ସ୍କେଲଟି ଏକ ତୁଳନାତ୍ମକ ସ୍କେଲ । ବର୍ଗ ସେକେଣ୍ଡକୁ $10^{-10}\mu$ ଓ୍ୱାଟ ($10^{-6}\mu$ ଓ୍ୱାଟ୍/ବର୍ଗ ସେ:ମି:) ହେଲେ ତାକୁ 0 ଡେସିବେଲ ଧରାଯାଏ । ସାଧାରଣତଃ ସେକେଣ୍ଡକୁ 500ରୁ 1000 ଥର ଆବୃତ୍ତିରେ ଏହା ଶ୍ରବଣୀୟତାର ନିମ୍ନସୀମା ।

କେତେକ ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା ପତନ :

ଉତ୍ସ	ଡେସିବେଲ (Decibel)
1. ଶ୍ରବଣର ହାରାହାରି ନିମ୍ନସୀମା	0
2. ନିସ୍ତବ୍ଧ ଗୃହ, ସାଧାରଣ ବାସ କୋଠରି	40
3. ସାଧାରଣ କଥୋପକଥନ (3 ଫୁଟ) ...	70
4. ବିଶାଳ ସହରର ସାହି କୋଣର ଯାନ-ବାହାନ ଚଳାଚଳ	୫0
5. ବାଷ୍ପୀୟ କାରଖାନା	100
6. ଯନ୍ତ୍ରଣାର ନିମ୍ନସୀମା	120
7. DC 4 ଟେକ୍ ଅଫ୍ (150 ଫୁଟ)	120
8. F 3 D ଟେକ୍-ଅଫ୍ (J 34 ଇଞ୍ଜିନ୍)	140
9. J-57 ପ୍ରକାରର ଇଞ୍ଜିନ୍	160—170

ଉଦାହରଣ :

ଧ୍ୱନିର କୌଣସି ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଉତ୍ସ ସମସ୍ତ ଦିଗରେ ସମାନ ଭାବରେ 1·5 ଓ୍ୱାଟ୍ ହାରରେ ଧ୍ୱନି ଶକ୍ତି ବିକିରଣ କରୁଛି । ଉତ୍ସଠାରୁ 25 ମିଟର ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ତୀବ୍ରତା ଓ ତୀବ୍ରତାପରନ ସ୍ଥିର କର; (କ) ଯଦି ଅବଶୋଷଣ ନ ଥାଏ, (ଖ) ଯଦି 25 ମିଟର ପଥରେ ଶତକଡ଼ା 10 ଅବଶୋଷଣ ଥାଏ ।

$$(କ)\ I=\frac{P}{A}=\frac{1\cdot5\ \text{ଓ୍ୱାଟ}}{4\pi\ (25\ \text{ମି:})^2}=1\cdot9\times10^{-4}\ \text{ଓ୍ୱାଟ୍/ମିଟର}^2$$

$$\alpha=\log\frac{I}{I_o}=\log.\frac{1\cdot9\times10^{-4}\ \text{ଓ୍ୱାଟ୍/ମିଟର}^2}{10^{-12}\ \text{ଓ୍ୱାଟ୍/ମିଟର}^2}$$

$$=\log.\ (1\cdot9\times10^{8})=8\cdot3\ \text{ବେଲ୍}$$

$$=83\ \text{ଡେ: ବେଲ୍}$$

$$(ଖ)\ I=0\cdot9\times1\cdot9\times10^{-4}\ \text{ଓ୍ୱାଟ୍/ମିଟର}^2$$

$$=1\cdot7\times10^{-4}\ \text{ଓ୍ୱାଟ୍/ମିଟର}^2$$

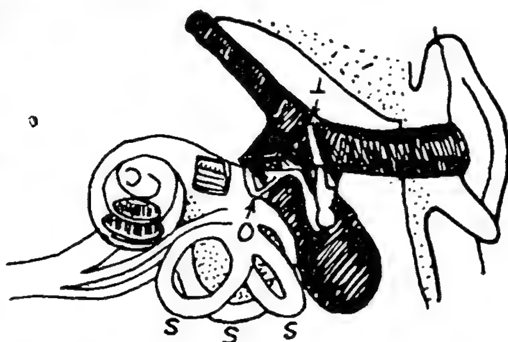
$$\alpha=\log.\frac{1\cdot7\times10^{-4}}{10^{-12}}$$

$$=\log\ 1\cdot7\times10^{8}$$

$$=8\cdot2\ \text{ବେଲ୍}=82\ \text{ଡେ: ବେ:}$$

27.5 କର୍ଣ୍ଣ :

ଆମର କର୍ଣ୍ଣ ହେଉଛି ଗୋଟିଏ ଯନ୍ତ୍ର । ତାହା ନିକଟରେ ଆସି ପହଞ୍ଚୁଥିବା ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ସେ ସଂଚରିତ ଓ ବର୍ଦ୍ଧିତ କରେ । କର୍ଣ୍ଣ ତିନିଗୋଟି ଛେଦରେ ଗଠିତ, ଯଥା :— ବାହ୍ୟକର୍ଣ୍ଣ, ମଧ୍ୟକର୍ଣ୍ଣ ଓ ଅନ୍ତଃକର୍ଣ୍ଣ (ଚିତ୍ର 161) । ବାହ୍ୟ ଛେଦଟି ବାହ୍ୟକର୍ଣ୍ଣ ବା କର୍ଣ୍ଣପକ୍ଷ ଓ ନାଳୀରେ ଗଠିତ । ମଧ୍ୟକର୍ଣ୍ଣ ଠାରୁ ନାଳୀଟି କର୍ଣ୍ଣପଟହ T ନାମକ ଏକ ଝିଲ୍ଲୀ ଦ୍ୱାରା ପୃଥକ୍ ହୋଇ ରହିଛି । ମଧ୍ୟକର୍ଣ୍ଣରେ ହାତୁଡ଼ି, ନିଘାତି ଓ ପଦାଧାନ ନାମକ ତିନିଗୋଟି ଛୋଟ ଅସ୍ଥି ଅଛି । ଏଗୁଡ଼ିକ ଅନ୍ତଃକର୍ଣ୍ଣକୁ ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସଂଚରିତ କରନ୍ତି । ହାତୁଡ଼ିଟି କର୍ଣ୍ଣପଟହ ସହିତ ସଂଲଗ୍ନ ହୋଇ ରହିଛି । ଝିଲ୍ଲୀ O, ମଧ୍ୟ ଓ ଅନ୍ତଃକର୍ଣ୍ଣକୁ ପୃଥକ୍ କରିଅଛି । ତାହା ସହିତ ପଦାଧାନଟି



(ଚିତ୍ର 161)

ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଛି । ଏହି ତିନିଗୋଟି ଅସ୍ଥି ଗୋଟିଏ ଭାରଦଣ୍ଡର ତନ୍ତ୍ର ଗଠନ କରିଛନ୍ତି । ବଳ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବା ଭଳି ଭାରଦଣ୍ଡ ତନ୍ତ୍ରଟି ସଜଡ଼ା ଯାଇଛି । ଏଥି ବାହାରେ, ଝିଲ୍ଲୀ ଉପରେ ପଦାଧାନ ଭାରର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ କର୍ଣ୍ଣ ପଟହର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଠାରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଊଣା ହୋଇଛି । ଏହି ଉପାୟ ଯୋଗୁଁ ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନଗୁଡ଼ିକ 30 ରୁ 60 ଗୁଣ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଛି । ଅନ୍ତଃକର୍ଣ୍ଣ

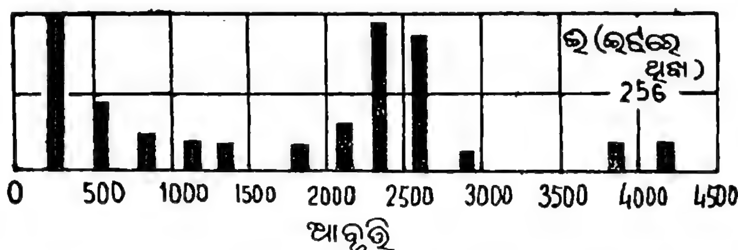
ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇ ରହିଛି । ଅର୍ଦ୍ଧ ବୃତ୍ତାକାର ନାଳୀ S,S ଗୁଡ଼ିକ କେବଳ ସମତୁଲ ରକ୍ଷା କରନ୍ତି; ଶ୍ରବଣରେ ସେଗୁଡ଼ିକ କୌଣସି ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରନ୍ତି ନାହିଁ । ଶୁଚି ଶମ୍ବୁକ C ପ୍ରକୃତରେ ଶ୍ରବଣର ପ୍ରାନ୍ତ ଅଙ୍ଗ । ସେଥିରେ ଶ୍ରବଣ ସ୍ନାୟୁ ପ୍ରବେଶ କରିଛି । କମ୍ପନରେ ହେବା ଗ୍ରପ ପରିବର୍ତ୍ତନଗୁଡ଼ିକ ଏଠାରେ ଧ୍ୱନିର ଅନୁଭୂତି ସୃଷ୍ଟି କରନ୍ତି ।

ଧ୍ୱନି କମ୍ପନଗୁଡ଼ିକ ବାହ୍ୟ ଓ ମଧ୍ୟକର୍ଣ୍ଣ ଦେଇ ଗତି ନ କରି ଅସ୍ଥିଗୁଡ଼ିକଦ୍ୱାରା ଅନ୍ତଃକର୍ଣ୍ଣକୁ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷରେ ପରିବାହିତ ହେବା ସମ୍ଭାବନା ମଧ୍ୟ ରହିଥାଏ । ଏହି ପ୍ରକାରର ଅସ୍ଥି ସଂଚରଣ ସକାଶେ ଏବେ ଏକ ପ୍ରକାର ଶ୍ରବଣ ସହାୟତା ନିର୍ମିତ ହୋଇଛି ।

27.6 ଭାଷଣ ଧ୍ୱନି (Voice sound) :

ଧ୍ୱନ୍ୟଙ୍ଗ ତନ୍ତ୍ରୀ, ଓଠ ଓ ଦନ୍ତ ଦେଇ ବାୟୁ ଗତିକଲେ ସ୍ୱରଧ୍ୱନି ଜାତ ହୁଏ । ଧ୍ୱନ୍ୟଙ୍ଗ ତନ୍ତ୍ରୀଗୁଡ଼ିକ ଦେଇ ବାୟୁସ୍ରୋତ ଗତି କଲାବେଳେ ସେଗୁଡ଼ିକ କମ୍ପନ କରନ୍ତି । ନାସିକା ଓ ଗଳା ଗହ୍ୱରଗୁଡ଼ିକ ଭାଷଣ ଧ୍ୱନି ଜାତ କରିବା ସକାଶେ ଏହି କମ୍ପନଗୁଡ଼ିକୁ ସାହାଯ୍ୟ କରନ୍ତି । ସମସ୍ତ ସ୍ୱରଧ୍ୱନି ଓ କେତେକ ବ୍ୟଞ୍ଜନ ଧ୍ୱନି ଏହି ରୂପେ ଜାତ ହୁଅନ୍ତି । ଧ୍ୱନ୍ୟଙ୍ଗ ତନ୍ତ୍ରୀକୁ ଛାଡ଼ି ଦନ୍ତ ଓ ଜିହ୍ୱା ଉପରେ ବାୟୁ ଗତିକଲେ, ଏଫ୍, ସ,ଥ, ଷ, ଟି, କେ ପ୍ରଭୃତି ଅଭାଷଣ ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକ ଜାତ ହୁଅନ୍ତି । ବି, ଡ଼ି, ଵି, ଜେ, ଭି, ଜେଡ୍ ପ୍ରଭୃତି ଉଚ୍ଚାରଣ ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକ ଏହି ଦୁଇଟିଯାକ ପ୍ରଣାଳୀର ସମ୍ମିଳନରୁ ଜାତ ହୁଅନ୍ତି ।

ଅନୁନାଦୀ ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଆକାର ପରିବର୍ତ୍ତନ କଲେ ବିବିଧ ସ୍ୱର ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକ ଜାତ ହୁଅନ୍ତି । ପୁଣି ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନଦ୍ୱାରା ବିଭିନ୍ନ ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକ ବୃଦ୍ଧି ପାଆନ୍ତି । ଚିତ୍ରର ଆବୃତ୍ତି 162



(ଚିତ୍ର 162).

ଚିତ୍ରରେ ପୁଣି ନିମ୍ନ ଟେବୁଲରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ୱର ଧ୍ୱନିର କେତେକ ଲକ୍ଷଣିକ ଆବୃତ୍ତି ବର୍ଗ ଅଛି । ସେଥିରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ମୂଲ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟକ୍ତିଙ୍କର ହାରାହାରି ମୂଲ୍ୟ ।

ସ୍ୱର ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକର ଲକ୍ଷଣିକ ଆବୃତ୍ତି

ସ୍ୱର ଧ୍ୱନି	ନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତି	ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତି
ଏ. (ଟେପ୍)	550	2100
ଏ. (ଫାଦର୍)	825	1200
ଈ. (ଈଟ୍)	375	2400
ଇ. (ଟେନ୍)	550	1900
ଆଇ. (ଟିପ୍)	450	2200
ଓ. (ଟୋନ)	500	850
ୟୁ. (ପୁଲ)	400	800

27.7 ସଙ୍ଗୀତ ସ୍କେଲ (Musical scale) :

ସମାନ ବା ବିଭିନ୍ନ ତାରତ୍ୱର ପୂର୍ବାନୁପରର ସଙ୍ଗୀତ ତାନଗୁଡ଼ିକ ସଙ୍ଗୀତରୂପେ ପରିଚିତ; ଏହାକୁ ମୂର୍ଚ୍ଛନା କୁହାଯାଏ । ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ତାରତ୍ୱଗୁଡ଼ିକ ଯେକୌଣସି ମୂଲ୍ୟର ହୋଇପାରେ; କିନ୍ତୁ ଦେଖାଯାଏ ଯେ, ପରବର୍ତ୍ତୀ ତାନଗୁଡିକର ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକର ଅନୁପାତ କ୍ଷୁଦ୍ର ପୂର୍ଣ୍ଣାଙ୍କଗୁଡ଼ିକର ଅନୁପାତ ହୋଇଥିଲେ ସଙ୍ଗୀତଟି ଅତ୍ୟନ୍ତ ସୁମଧୁର ଲାଗେ । ଏହି ତଥ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରି ଏକ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍କେଲ ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ; ପୁଣି ସ୍କେଲରେ ଥିବା ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକ ମାତ୍ର ମୂର୍ଚ୍ଛନାରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ଏକତ୍ରରେ କିମ୍ବା ଉତ୍ତରୋତ୍ତରରେ ଧ୍ୱନିତ ଦୁଇଟି ତାନ ଏକ ସଙ୍ଗୀତ ମଧ୍ୟାନ୍ତର ରଚନା କରନ୍ତି । କର୍ଣ୍ଣ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍କେଲର ମଧ୍ୟାନ୍ତରଗୁଡ଼ିକୁ ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରଭେଦ ଅପେକ୍ଷା ସେଗୁଡ଼ିକର ଅନୁପାତ ଦ୍ୱାରା ସହଜରେ ଚିହ୍ନିପାରେ । 600 ଓ 1200 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତି ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ମଧ୍ୟାନ୍ତର 150 ଓ 300 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତି ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମଧ୍ୟାନ୍ତର ସହିତ ସମାନ, କାରଣ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ଥଳରେ ଅନୁପାତ 2/1. 1/1 ବ୍ୟତୀତ ଏହା ସରଳତମ ଅନୁପାତ । ଆମର ସାଧାରଣ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍କେଲରେ ବ୍ୟବହୃତ ଅନ୍ୟ ସରଳତମ ଅନୁପାତଗୁଡିକ ହେଉଛି 3/2, 4/3, 5/3, 5/4, 9/8 ଓ 15/8.

27.8 ସଂସ୍ୱନ ସ୍କେଲ :

ପ୍ରଥମ ସ୍ୱର ଓ ଅନ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଉପରୋକ୍ତ ମଧ୍ୟାନ୍ତରଗୁଡ଼ିକ ରହିଥିବା ଆବୃତ୍ତିର ଆଠଗୋଟି ସ୍ୱର ନେଇ ସଂସ୍ୱନ ସ୍କେଲ ଗଠନ କରାଯାଇଥାଏ । ପ୍ରଥମ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତିଟି ଆନୁମାନିକରେ ନିର୍ବାଚନ କରି ତା'ପରେ ଅନ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥିର କରାଯାଇଥାଏ । ମନେକର ପିଆନୋରେ ମଧ୍ୟ C 256 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଇଛି । ତାହାହେଲେ ଆବୃତ୍ତି ଓ ମଧ୍ୟାନ୍ତରଗୁଡ଼ିକ ଟେବୁଲରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସଂଖ୍ୟାଗୁଡ଼ିକ ହେବ ।

ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ, ଉତ୍ତୋରତ୍ତର ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ 3 ଗୋଟି ମଧ୍ୟାନ୍ତର ଅଛି, ଯଥା:—ଦୀର୍ଘତାନ 9/8, ହ୍ରସ୍ୱତାନ 10/9 ଓ ଅର୍ଦ୍ଧତାନ 16/15 । ମୌଳିକ ଆବୃତ୍ତି ଓ ଅନ୍ୟ ଆବୃତ୍ତିଗୁଡିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମଧ୍ୟାନ୍ତରଗୁଡ଼ିକର ମଧ୍ୟ ନାମ ଦିଆଯାଇଛି । ଅଷ୍ଟମ ସ୍ୱରରେ 2/1 ଅନୁପାତ ଘଟୁଥିବାରୁ, ଏହି ମଧ୍ୟାନ୍ତରକୁ ସପ୍ତକ (Octave) କୁହାଯାଉଛି । ସେହିଭଳି 5/4 ଅନୁପାତକୁ ଦୀର୍ଘ-ତୃତୀୟ, 4/3 ଅନୁପାତକୁ ଦୀର୍ଘ-ଚତୁର୍ଥ, 3/2 ଅନୁପାତକୁ ଦୀର୍ଘ-ପଞ୍ଚମ ଓ 5/3 ଅନୁପାତକୁ ଦୀର୍ଘ-ଷଷ୍ଠ କୁହାଯାଏ ।

ଯେଉଁ ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକ 4, 5 ଓ 6 ସଂଖ୍ୟାଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ, ସେଗୁଡ଼ିକୁ କର୍ଣ୍ଣସହ ସ୍ୱର ରୂପେ ଚିହ୍ନିପାରେ । ଏହି ସମ୍ମିଳନକୁ ଦୀର୍ଘତ୍ରିକ (Major Triad) କୁହାଯାଏ । ତାଲିକାରେ ସୂଚିତ ହୋଇଥିବା ଭଳି 3 ଗୋଟି ଦୀର୍ଘ ତ୍ରିକକୁ ନେଇ ସଂସ୍ୱନ ସ୍କେଲ ଗଠିତ ।

ସଂସ୍ୱନ ସ୍କେଲରେ ଆବୃତ୍ତି ଓ ମଧ୍ୟାନ୍ତର :

	ସ୍ୱର							
	C	D	E	F	G	A	B	C'
ବୈଜ୍ଞାନିକ ତାର ଆବୃତ୍ତି	256	288	320	341	384	427	480	512
ସହ ସଙ୍ଗୀତ ତାରଚାର ଆବୃତ୍ତି	264	297	330	352	396	440	495	528
C ପ୍ରତି ଅନୁପାତ	1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2
ପୂର୍ବ ଆବୃତ୍ତି ପ୍ରତି ଅନୁପାତ	...	9/8	10/9	16/15	9/8	10/9	9/8	16/15
ତ୍ରିକ ସମୂହ	4	...	5	...	6	...	...	...
	...	...	...	4	...	5	...	6
	...	(6)	...	...	4	...	5	...

27.9 ସଂସ୍ୱନତା ଓ ବିସ୍ୱନତା (Cousonance and Dissonance)

ମଧ୍ୟାନ୍ତର ଏକ ସରଳ ଅନୁପାତରେ ଥିବା ଦୁଇଗୋଟି ସ୍ୱରକୁ ଏକ ସମୟରେ କିମ୍ବା ଉତ୍ତରୋତ୍ତରରେ ଧ୍ୱନନ କଲେ ସେ ଦୁଇଟି ସ୍ୱର ଶ୍ରୁତି ମଧୁର ବୋଧହୁଏ । ଏହିଭଳି ସମ୍ମିଳନକୁ ସସ୍ୱନତା କୁହାଯାଏ । ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରର ସମ୍ମିଳନଗୁଡ଼ିକୁ ବିସ୍ୱନତା କୁହାଯାଏ । ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକର ଅନୁପାତ ସରଳ କି ନାହିଁ ଜାଣିବା ସକାଶେ କୌଣସି ସଠିକ୍ ପରୀକ୍ଷା ନାହିଁ । ଏହା କେବଳ ଦର୍ଶକର ପୂର୍ବ ପ୍ରଶିକ୍ଷଣରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୀତ ହୋଇଥାଏ । ଜଣେ ଦର୍ଶକ ପକ୍ଷେ ଯାହା ସସ୍ୱନତା, ଅନ୍ୟ ଜଣଙ୍କ ପକ୍ଷେ ତାହା ବିସ୍ୱନତା ହୋଇପାରେ ।

ଦୁଇଟି ସ୍ୱର ଏକ ସମୟରେ ଧ୍ୱନନ କଲେ, ଯଦି ଆବୃତ୍ତିରେ 10 ଓ 50 ମଧ୍ୟରେ ବିସ୍ପନ୍ଦନ ଘଟେ, ତେବେ ବିସ୍ୱନତା ଦେଖାଦିଏ । ଜଟିଳ ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକରେ ଥିବା ମୂଳ ଆବୃତ୍ତି-ଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା କିମ୍ବା ଯେକୌଣସି ଦୁଇଗୋଟି ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରଦ୍ୱାରା ବିସ୍ପନ୍ଦନ ଘଟିପାରେ । ନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତିର ହୋଇ ନ ଥିଲେ ବିଶୁଦ୍ଧ ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକରେ ବିସ୍ୱନତା ରହେ ନାହିଁ ।

27.10 ଧ୍ୱନି ସଂଗ୍ରାହକ (Sound Detectior)

ମାନବ କର୍ଣ୍ଣ ଧ୍ୱନିର ଏକ ଅସାଧାରଣ, ବିଶ୍ୱାସଯୋଗ୍ୟ, ସୁଗ୍ରାହୀ ଉପଲବ୍ଧକ ଅଟେ । କିନ୍ତୁ ଅନେକ କାର୍ଯ୍ୟରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ କିମ୍ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପଲବ୍ଧକ ଗୁଡ଼ିଏ ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି । ଅତ୍ୟନ୍ତ ସାଧାରଣ ଉପଲବ୍ଧକ ହେଉଛି ମାଇକ୍ରୋଫୋନ୍ । ଏଥିରେ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ର ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନଗୁଡ଼ିକ ଗୋଟିଏ ମଧ୍ୟଚ୍ଛଦାକୁ କମ୍ପିତ କରନ୍ତି । କମ୍ପନଟି ରେଜିଷ୍ଟାନସ ପରିବର୍ତ୍ତନ କିମ୍ବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରେରକ ବଳ ଉତ୍ପାଦନ ଦ୍ୱାରା, ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ସଠିକ ପୁନରୁତ୍ପାଦନ ସକାଶେ ମାଇକ୍ରୋଫୋନ୍‌ର ପ୍ରତି ଆଚରଣ ସମଗ୍ର ଆବୃତ୍ତି ପରିସରରେ ସମାନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ସେଥି ସକାଶେ ଯନ୍ତ୍ରଟି ସୁଗ୍ରହରୂପେ ଗଠିତ ହୋଇଥିବା ଦରକାର । ଧ୍ୱନିର ପୁନରୁତ୍ପାଦନ, ଅଭିଲେଖନ କିମ୍ବା ବର୍ଦ୍ଧନ ସକାଶେ ମାଇକ୍ରୋଫୋନ୍ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

କର୍ଣ୍ଣ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚିବା ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା ଅତ୍ୟନ୍ତ କ୍ଷୁଦ୍ର ହୋଇଥିଲେ, ଧ୍ୱନି ସଂଗ୍ରାହକ ରୂପେ ପରିବଳୟିକ ପ୍ରତିଫଳକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ପ୍ରତିଫଳକର ଫୋକସ୍‌ଠାରେ ଧ୍ୱନି ଗାଢ଼ ହୁଏ । ସେଠାରେ ଧ୍ୱନି ଉପଲବ୍‌ଧକରୂପେ ରଖାଯାଇଥିବା ଗୋଟିଏ ମାଇକ୍ରୋଫୋନ୍ ଧ୍ୱନିକୁ ବର୍ଦ୍ଧନ କରେ । ଏଠାରେ ପ୍ରତିଫଳକ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା ଧ୍ୱନିର ତରଙ୍ଗ—ଦୈର୍ଘ୍ୟ ତୁଳନାରେ ତା'ର ଆକାର ବଡ଼ ହୋଇଥିବା ଦରକାର ।

27.11 ଧ୍ୱନିର ସ୍ଥିତି :

କୌଣସି ଧ୍ୱନି ଉତ୍ସର ଦିଗ ସମ୍ପର୍କରେ ଗୋଟିଏ ମାତ୍ର କର୍ଣ୍ଣ କିଛି ସୂଚନା ଦେଇ ପାରୁଥିଲେହେଁ, ଅଧିକ ସଠିକତା ସକାଶେ ଦୁଇଗୋଟି କର୍ଣ୍ଣର ବ୍ୟବହାର ନିତାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । ଦୁଇଟିଯାକ କର୍ଣ୍ଣଠାରେ ପହଞ୍ଚିଥିବା ଧାରଣାର ପ୍ରଭେଦ ଯୋଗୁଁ ଏହି ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୀତ ହୋଇଥାଏ । ଧାରଣାର ଏହି ପ୍ରଭେଦ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରବଳତା କିମ୍ବା ପହଞ୍ଚିବା ସମୟର ଅନ୍ତର ଯୋଗୁଁ ଘଟିଥାଏ । ଏହାକୁ ଦ୍ୱିକର୍ଣ୍ଣ-ପ୍ରଭାବ କୁହାଯାଏ । କେତେକ ଧ୍ୱନି-ସ୍ଥିତି ନିର୍ଣ୍ଣୟକ କେତେ ଫୁଟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଦୁଇଗୋଟି ଶ୍ରବଣ ତୂରୀ ରଖି, ସେଥିରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକଟି ପ୍ରତ୍ୟେକ କର୍ଣ୍ଣ ସହିତ ଯୋଗକରି ଏହି ପ୍ରଭାବକୁ ଅଧିକ ଶକ୍ତିଶାଳୀ କରନ୍ତି । ଏହାଦ୍ୱାରା ଧ୍ୱନି ସ୍ଥିତିର ସଠିକତା ବୃଦ୍ଧିପାଏ ।

27.12 ଅନୁରଣନ ଓ ପ୍ରେକ୍ଷାଳୟର ଧ୍ୱନିଯୋଜନା :

କୌଣସି କୋଠରିରେ ଜାତ ହେବା ଧ୍ୱନି, କାନ୍ଥଗୁଡ଼ିକରୁ ବାରମ୍ବାର ପ୍ରତିଫଳନ ଯୋଗୁଁ କୋଠରିରେ ଅଧିକ ସମୟ ରହିଥାଏ । ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା ହ୍ରାସ ପାଇ ତାହା ଶ୍ରୁତି-ଗୋଚର ନ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହି ବିଳମ୍ବନ ଘଟିଥାଏ । କାନ୍ଥଗୁଡ଼ିକ କଠିନ ଲେପ କିମ୍ବା ଶଙ୍ଖମଲ ଭଳି ଧ୍ୱନିର ସୁ ପ୍ରତିଫଳକ ହୋଇଥିଲେ, ମୂଳ ଧ୍ୱନି ବନ୍ଦ ହୋଇଗଲେ ମଧ୍ୟ ଧ୍ୱନିଟି ଅବିରତ କିଛି ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଶ୍ରୁତିଗୋଚର ହୁଏ । ଧ୍ୱନିର ଏହି ପୁନରାବୃତ ପ୍ରତି-ଫଳନକୁ ଅନୁରଣନ କୁହାଯାଏ ।

କୌଣସି ପ୍ରେକ୍ଷାଳୟ ବା ଶ୍ରେଣୀ ଗୃହରେ ଅତ୍ୟଧିକ ଅନୁରଣନ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଅବାଞ୍ଛିତ; କାରଣ ଦ୍ୱିତୀୟ ଧ୍ୱନି ଗତିକରୁଥିବାବେଳେ ମଧ୍ୟ ଅନୁରଣନ ଯୋଗୁଁ ପ୍ରଥମ ଧ୍ୱନି ଅବିରତ ଶୁଣାଯିବ । ଏହାର ନିରାକରଣ ସକାଶେ କାନ୍ଥଗୁଡ଼ିକର କିୟଦଂଶ ଧ୍ୱନି ବିଶୋଷକ ପଦାର୍ଥ ଦ୍ୱାରା ଆବୃତ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଏହିପରି ପଦାର୍ଥ ହେଉଛି କିୟଦଂଶ ଫେଲ୍‌ଟ (Felt), ସମ୍ପୀଡ଼ୀତ ତନ୍ତୁଫଳକ, କର୍କଶ ଲେପ, ପୁଣି ଲମ୍ବା ପରଦା । ଏହି ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଛିଦ୍ରଗୁଡ଼ିକରେ ଧ୍ୱନି—ତରଙ୍ଗ ଗଠନ କରୁଥିବା ବାୟୁ ଅଣୁଗୁଡ଼ିକର ନିୟମିତ ଗତି ଅନିୟମିତ ଗତିରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଫଳରେ ଅଳ୍ପ ଧ୍ୱନି ଶକ୍ତି ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ ।

ମନେକର କୌଣସି ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ ଲଘୁତମ ଶ୍ରାବ୍ୟ ଧ୍ୱନିର ଆବୃତ୍ତିର ଏକନିୟୁତଗୁଣ ଧ୍ୱନି ଜାତ ହେଲା । ଏହି ଧ୍ୱନି ଅଶ୍ରାବ୍ୟ ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବା ପାଇଁ ନେବା ସମୟକୁ ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଅନୁରଣନ କାଳ କୁହାଯାଏ । ସମବେତ ସଙ୍ଗୀତ ଗୃହଗୁଡ଼ିକରେ କିଛି ପରିମାଣର ଅନୁରଣନ ବାଞ୍ଛନୀୟ; ନ ହେଲେ ଗୃହଟି ଅତ୍ୟନ୍ତ ଶୂନ୍ୟବୋଧ ହେବ । କୌଣସି ମଧ୍ୟମ ଆୟତନର ପ୍ରେକ୍ଷାଳୟର ଅନୁରଣନ କାଳ 1 ରୁ 2 ସେକେଣ୍ଡ ହେବା ଦରକାର । କୌଣସି କାର୍ଯ୍ୟଗୃହ ବା କାରଖାନାରେ ତାହା ଅତି କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ; କାରଣ ଧ୍ୱନି ଶୀଘ୍ର ବନ୍ଦ ହୋଇଗଲେ କର୍ମୀମାନଙ୍କର ସ୍ନାୟବିକ ବିକୃତି କମ୍ ହୋଇଯିବ ଓ ସେମାନଙ୍କର ଦକ୍ଷତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ ।

କୌଣସି ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଆସନ୍ନ ଅନୁରଣନ କାଳର ସମୀକରଣ ହେଉଛି :

$$T=\frac{0{\cdot}049V}{\Sigma KA} \ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

ଯେଉଁଥିରେକି T=ସେକେଣ୍ଡର ସମୟ, V=ଘନଫୁଟରେ ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଆୟତନ; ΣKA= ପ୍ରକୋଷ୍ଠସ୍ଥ ସମସ୍ତ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ସମୁଦାୟ ଅବଶୋଷଣ । ପ୍ରକୋଷ୍ଠସ୍ଥ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରକାର ବସ୍ତୁର ବର୍ଗଫୁଟରେ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ, ଅବଶୋଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ K (ସାରଣୀ ଦେଖ) ସହିତ ଗୁଣନ କରି ଗୁଣଫଳଗୁଡ଼ିକ ଯୋଗକରି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅବଶୋଷଣ ଗଣନ କରାଯାଏ ।

ମଧ୍ୟମ ତାରତ୍ୱର ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକର ଅବଶୋଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ

1. ଖୋଲାଝରକା	1·0
2. ସାଧାରଣ ଲେପ	0·034
3. ଧ୍ୱନିକୀୟ ଲେପ	0·20 ରୁ 0·30
4. ଦରି	0·15 ରୁ 0·20
5. ରଙ୍ଗଲିପିତ କାଷ୍ଠ	0·03
6. 1 ଇଞ୍ଚ ବହଳତାର କେଶ-ଫେଲ୍ଟ	0·58
7. ପରଦା	0·40 ରୁ 0·75
8. ମଖମଲ	0·01

କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ଅବଶୋଷଣାଗୁଣାଙ୍କ ହେଉଛି ପଦାର୍ଥଟି ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରତିଫଳନରେ ଧ୍ୱନିଶକ୍ତିର ଅବଶୋଷଣ କରିବା ଭଗ୍ନାଂଶ । ଉଦାହରଣସ୍ୱରୂପ, କୌଣସି ଖୋଲା ଝରକାର ଗୁଣାଙ୍କ 1, କାରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରୁ ବାହାରି ଝରକାରେ ଆଘାତ ଦେବା ସମସ୍ତ ଧ୍ୱନି ପ୍ରକୋଷ୍ଠରୁ ଗଳିଯାଇଥାଏ । ପରନ୍ତୁ ଶଙ୍ଖମଲ ପଥରର ଗୁଣାଙ୍କ 0·01 । ଏହାର ଅର୍ଥ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରତିଫଳନରେ ତାହା ଶତକଡ଼ା 1 ଧ୍ୱନି ଶକ୍ତି ଅବଶୋଷଣ କରୁଛି । ସମୀକରଣ (3) ପ୍ରାୟ ସନ୍ତୋଷଜନକ ଫଳ ପ୍ରଦାନ କରେ । କିନ୍ତୁ ଅତ୍ୟନ୍ତ ବୃହତ୍ କିମ୍ବା ଅତ୍ୟନ୍ତ କ୍ଷୁଦ୍ର ଗୃହ, ଅତ୍ୟଧିକ ଅବଶୋଷଣ କରୁଥିବା ପ୍ରକୋଷ୍ଠ, କିମ୍ବା ବିଚିତ୍ର ଆକାରର ପ୍ରକୋଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତି ଏହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ନୁହେଁ ।

କୌଣସି ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଅନୁରଣନ କାଳ ବାଞ୍ଛିତ ମୂଲ୍ୟକୁ ହ୍ରାସ କରିବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ଅବଶୋଷୀ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ପରିମାଣ ସମୀକରଣ (3) ସାହାଯ୍ୟରେ ଗଣନ କରାଯାଇପାରିବ । ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ପ୍ରାୟ ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଅବଶୋଷୀ ପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକ ରଖାଯାଇପାରେ; କାରଣ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଯେକୌଣସି ମତେ ଅନେକ ଥର ଆଘାତ ଦେବେ । କିନ୍ତୁ କୌଣସି ପ୍ରେକ୍ଷାଳୟରେ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଧ୍ୱନି ଜାତହେବା ସ୍ଥାନର ଅତି ସମୀପରେ ରଖିବା ଅବିଧେୟ ।

କୌଣସି ପ୍ରେକ୍ଷାଳୟର ନିର୍ମାଣବେଳେ ସୁବିଧା ପରିମାଣର ଅନୁରଣନ ସଜ୍ଜା କରିବା ଦରକାର । ପ୍ରରଚୟିତା ଧାହୁରି ମଧ୍ୟ ଦେଖିବେ ଯେ ଧ୍ୱନିତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ନିୟମିତ ପ୍ରତିଫଳନ ବା ଫୋକ୍‌ସିଙ୍ଗ୍ ଯୋଗୁଁ ଅବାଞ୍ଛିତ ପ୍ରତିଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ନାହିଁ । ଅତ୍ୟନ୍ତ ବକ୍ର ପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିଏ ବ୍ୟବହାର ନ କରି ବଡ଼ ସମତଳ, ପ୍ରତିଫଳନୀ ପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିଏ ଧ୍ୱନି ଉତ୍ପାଦକ ମାନଙ୍କ ପଶ୍ଚାଦରେ ଓ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ରଖିଲେ, ଶ୍ରୋତାମାନଙ୍କ ନିକଟକୁ ସୁବିଧାରେ ଧ୍ୱନି ପ୍ରେରିତ

ହୁଏ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ପ୍ରେକ୍ଷାଳୟରେ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ଓ ପ୍ରତିଫଳିତ ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟତୀକରଣ ଯୋଗୁଁ ଯେଉଁ 'ଶୂନ୍ୟ-ସ୍ଥିତି' ଗୁଡ଼ିକ (Dead spots)ର ସୃଷ୍ଟି ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ରହିଛି, ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଦୂର କରିବାକୁ ହେବ ।

ସାରାଂଶ

1. ଧ୍ୱନିଗୁଡ଼ିକର ତାରତ୍ୱ, ଗୁଣ ଏବଂ ପ୍ରବଳତାରେ ଭେଦ ଥାଏ ।

2. ନିୟମିତ ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ଅନୁଗାମୀ ବିରଳନଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ।

3. ଅନିୟମିତ ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ବିରଳନଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ତାରତ୍ୱହୀନ ଧ୍ୱନି ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ; ଅଥବା କର୍ଣ୍ଣ ଏକ ନିୟମିତ ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ରୂପେ ନ ଚିହ୍ନିଲା ଭଳି କ୍ଷଣସ୍ଥାୟୀ ବିକ୍ଷୋଭ ଦ୍ୱାରା ତାରତ୍ୱହୀନ ଧ୍ୱନି ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ।

4. ଏକ ଅବାଞ୍ଛିତ ଧ୍ୱନିକୁ ରବ କୁହାଯାଏ ।

5. କୌଣସି ଧ୍ୱନିର ତାରତ୍ୱ ସହିତ ସଂପୃକ୍ତ ଭୌତିକ ଲକ୍ଷଣ ହେଉଛି କମ୍ପନର ଆବୃତ୍ତି । ସାଧାରଣ ମାନବ କର୍ଣ୍ଣ 20ରୁ 20,000 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକର ସୁଗ୍ରାହୀ ।

6. ଧ୍ୱନିର ଗୁଣ ତରଙ୍ଗର ଜଟିଳତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ; ଅର୍ଥାତ୍ ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ଓ ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

7. ଧ୍ୱନିର ପ୍ରବଳତା ହେଉଛି ଶ୍ରବଣ ଅନୁଭୂତିର ପରିମାଣ ।

8. ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି ଏକକ ସମୟ ପ୍ରତି ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ଶକ୍ତି ।

9. କୌଣସି ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା ଓ ଏକ ଆନୁମାନିକ ତୀବ୍ରତା ମଧ୍ୟରେ ଅନୁପାତର ଲଗାରିଥିମ୍ ହେଉଛି ତୀବ୍ରତା ପତନ । ତୀବ୍ରତା ପତନର ଏକକଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି ବେଲ୍ ଓ ଡେସିବେଲ୍ । ସାମର୍ଥ୍ୟର ଦଶଗୁଣ ଅନୁପାତ ଦର୍ଶାଉଥିବା ତୀବ୍ରତା ପତନର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଛି ଏକ ବେଲ୍ ।

$$\text{୯} = \log \frac{I}{I_0}$$

10. ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଏକ ସରଳ ସଂପର୍କ ରଖିଥିବା ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ତାନଗୁଡ଼ିକୁ ସଙ୍ଗୀତ ସ୍କେଲ କୁହାଯାଏ ।

11. କୌଣସି ଆବିଷ୍ଟ ସ୍ଥଳରେ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ପୁନରାବୃତ୍ତ ପ୍ରତିଫଳନ ଯୋଗୁଁ ଧ୍ୱନିର ବିଳମ୍ବନକୁ ଅନୁରଣନ କୁହାଯାଏ । ଆବରଣରେ ଧ୍ୱନି-ଅବଶୋଷକ ପଦାର୍ଥ ଗୁଡ଼ିଏ ଆଚ୍ଛାଦନ କରି ତାହା ହ୍ରାସ କରାଯାଇପାରିବ ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

1. ସମସ୍ତ ସଂପୀଡ଼ୀୟ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକୁ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ । କେଉଁ କେଉଁ ଲକ୍ଷଣରେ ସେଗୁଡ଼ିକ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକଠାରୁ ଭିନ୍ନ ?

2. ଦୁଇଟି ବିଶୁଦ୍ଧ ତାନର ଏକ ଆବୃତ୍ତି ଓ ବିସ୍ତାର ଥିଲେ, କର୍ଣ୍ଣ ସେ ଦୁଇଟିର ଭେଦକରଣ କରିପାରିବ କି ?

3. ଏକା ଅକ୍ଷରେ ଗୋଟିଏ ସରଳ ତରଙ୍ଗ ଓ ତା'ର ପ୍ରଥମ ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରର ଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କର । ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରର ବିସ୍ତାର ମୂଳ ସ୍ୱରର ବିସ୍ତାରର ଅଧା ହେବ । ବିଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଗ୍ରାଫ୍ ଦୁଇଟିର କୋଟିଗୁଡ଼ିକୁ ବୀଜଗାଣିତିକ ରୀତିରେ ଯୋଗକରି ତରଙ୍ଗ ଦୁଇଟି ସଂଯୋଗ କର । ଯଦି ପରିଣାମୀ ବକ୍ରରେଖାଟି ଗୋଟିଏ ଜଟିଳ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଥାଏ, ତେବେ ବକ୍ରରେଖାର କେଉଁ ଲକ୍ଷଣଟି ଧ୍ୱନିର ଗୁଣ ଦର୍ଶାଇବ ?

4. କି କି ଉପାୟରେ କୌଣସି ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱରର ଅତିରିକ୍ତ ସ୍ୱରଗୁଡ଼ିକର ପୃଥକୀକରଣ ଓ ଚିହ୍ନଟ କରାଯାଇପାରିବ ?

5. ବେଳେ ବେଳେ ଶ୍ରବଣର ସହାୟକ ରୂପେ ଯେଉଁ ଶୃଙ୍ଗ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ, ତା'ର ପ୍ରୟୋଜନ କ'ଣ ?

6. କୌଣସି ଏକ ରବ-ମିଟର (Noise metre) ଡେସିବେଲ୍‌ରେ ଅଙ୍କିତ ହୋଇଅଛି । ମିଟରଟି କ'ଣ ମାପ କରୁଛି ?

7. ସଂସ୍ଥନ ସ୍କେଲ ଅପେକ୍ଷା ସମସମାନ୍ତର ସ୍କେଲରେ କି କି ଅଧିକ ସୁବିଧା ଅଛି ?

8. କାରୁକାର୍ଯ୍ୟ (Architecture)ରେ ଧ୍ୱନି ଅବଶୋଷଣ ଗୋଟିଏ ପ୍ରଧାନ ବିଚାର୍ଯ୍ୟ କାହିଁକି ? ଅବଶୋଷଣର ଭୌତିକ ଅର୍ଥ କ'ଣ ? ତାହା କି ରୂପେ ସମ୍ପାଦନ କରାଯାଏ ? ଅବଶୋଷିତ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ଶକ୍ତି କ'ଣ ହୁଏ ?

9. କାଷ୍ଠ ଆସନଥିବା କୌଣସି ପ୍ରେକ୍ଷାଳୟରେ ବହୁସଂଖ୍ୟକ ଶ୍ରୋତାମାନଙ୍କର ଉପସ୍ଥିତି : (କ) ଅନୁରଣନ ଉପରେ କି ପ୍ରଭାବ ପକାଏ ? (ଖ) ଧ୍ୱନିର ହାରାହାରି ବିପୁଳତାକୁ କି ରୂପେ ପ୍ରଭାବାନ୍ୱିତ କରେ ?

10. ଶ୍ରୋତାମାନେ କାଷ୍ଠ ଚୌକିରେ ବସିଥିବା କୌଣସି ପ୍ରେକ୍ଷାଳୟରେ ଅନୁରଣନକାଳ ହ୍ରାସ କରିବାପାଇଁ ନିମ୍ନ କ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକରୁ କେଉଁଟି ଅଧିକ ଫଳପ୍ରଦ—
   (କ) ଶ୍ରୋତାମାନଙ୍କୁ ଆସନରୁ ଉଠିବାକୁ କହିବା,
   (ଖ) ଝରକାଗୁଡ଼ିକୁ ଖୋଲିଦେବା,
   (ଗ) ସନ୍ନିହିତ ପ୍ରକୋଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକ ଦିଗରେ ଥିବା ଦ୍ୱାରଗୁଡ଼ିକୁ ଖୋଲି ଦେବା ।

11. କୌଣସି ଏକ ଶାଳା ସଙ୍ଗୀତ ସକାଶେ ଆଦର୍ଶ ବିବେଚିତ ହୁଏ; ଅନ୍ୟ ଏକ ଶାଳା ଭାଷଣ ସକାଶେ ଆଦର୍ଶ ବିବେଚିତ ହୁଏ । ଏ ଦୁଇଟିରୁ କେଉଁଟିର ଅନୁରଣନକାଳ ଅଧିକ ହେବା ସମ୍ଭାବନା ?

12. କୌଣସି ପ୍ରେକ୍ଷାଳୟର ଅନୁରଣନକାଳ ଅତି ଦୀର୍ଘ ହୋଇଥିଲେ, ତାକୁ କି ରୂପେ ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣରେ ହ୍ରାସ କରାଯାଇପାରିବ ?

13. 20 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡରୁ 20,000 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତିର ପରିସର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକୁ ମାନବ କର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରତି ଆଗ୍ରହ କରେ ।

(କ) ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର,

(ଖ) ଜଳରେ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର, ଏହି ଆବୃତ୍ତିଗୁଡ଼ିକର ଅନୁରୂପ ତରଙ୍ଗ—ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଗଣନ କର । [ଉତ୍ତର: (କ) 55·0 ଫୁଟ; 55×10^{-3} ଫୁଟ,

(ଖ) 237·9 ଫୁଟ; 0·2379 ଫୁଟ ।]

14. କର୍ଣ୍ଣ ଯେଉଁ ଧ୍ୱନି ପ୍ରତି ଅତ୍ୟନ୍ତ ସୁଗ୍ରାହୀ, ସେହି ଧ୍ୱନିର ବାୟୁରେ ତରଙ୍ଗ—ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ? (ଉତ୍ତର: 0·36 ଫୁଟ)

15. କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆବୃତ୍ତିର ଧ୍ୱନି, ପ୍ରତ୍ୟେକ 18·0 ଇଞ୍ଚ ଗଭୀରତା ଥିବା ପଥର ପାହାଚଗୁଡ଼ିକରୁ ପ୍ରତିଫଳନ ଦ୍ୱାରା ବଢ଼େଇ ଦିଆଗଲା । ଧ୍ୱନିର ବେଗ 1080 ଫୁଟ/-ସେକେଣ୍ଡ ହେଲେ, ପ୍ରତିଫଳିତ ଧ୍ୱନିର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ?
(ଉତ୍ତର: 360 ସାଇକେଲ/ସେକେଣ୍ଡ)

16. 1200 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ ଆବୃତ୍ତିର ଧ୍ୱନି—ତରଙ୍ଗର ବାୟୁରେ ମାନକ ଅବସ୍ଥାରେ ସାଧାରଣ ଭାଷଣର ତୀବ୍ରତା ସମତଳରେ ବିସ୍ତାର ଗଣନା କର ।
(ଉତ୍ତର: $2{\cdot}9 \times 10^{-6}$ ସେ:ମି:)

17. ସମାନ ଆବୃତ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା 10^{-16} ଓ 10^{-12} ଓ୍ୱାଟ୍/ସେ:ମି:^{2} । ଏହି ଧ୍ୱନି ଦୁଇଟିର ତୀବ୍ରତା ସମତଳ ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ତର କେତେ ?
(ଉତ୍ତର: 40 ଡେ:ବେ:)

18. କୌଣସି କ୍ଷୁଦ୍ର ଉତ୍ସଠାରୁ ଏକକ ଦୂରତ୍ୱରେ ତୀବ୍ରତା ସମତଳ 50 ଡେ:ବେ: । ଧ୍ୱନି ସର୍ବଦିଗରେ ସମଭାବରେ ଗତି କରୁଛି ବୋଲି କଳ୍ପନା କଲେ, 10 ଏକକ ଦୂରତ୍ୱରେ ତୀବ୍ରତା ସମତଳ କେତେ ହେବ ? ଅବଶୋଷଣ ଉପେକ୍ଷଣୀୟ ।
(ଉତ୍ତର: 30 ଡେ:ବେ:)

19. ସାଧାରଣ କଥୋପକଥନ ସକାଶେ ତୀବ୍ରତା ସମତଳ 60 ଡେ:ବେ: ହେଲେ, ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା କେତେ ? (ଉତ୍ତର: 10^{-10} ଓ୍ୱାଟ୍/ସେ:ମି:^{2})

20. ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଉତ୍ସ (ଆବୃତ୍ତି: 200 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ) 0·0050 ଓ୍ୱାଟ୍ ହାରରେ ସର୍ବଦିଗରେ ସମଭାବରେ ବିକିରଣ କରୁଛି । ଅବଶୋଷଣ ନ ଥିଲେ, ଉତ୍ସର କେତେ ଦୂରରେ ଧ୍ୱନି ଶ୍ରୁତିଗୋଚର ହେବ ? (ଉତ୍ତର: 2·0 କି:ମି:)

21. କୌଣସି ସସ୍ୱନ ସେଲର ପ୍ରଥମ ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି 480 କମ୍ପନ/ସେକେଣ୍ଡ । ଅନ୍ୟ ସାତଗୋଟି ସ୍ୱରର ଆବୃତ୍ତି ଗଣନ କର ।
(ଉତ୍ତର: 540, 600, 640, 720, 800, 900, 960)

22. 100000 ଘନଫୁଟ ଆୟତନ ପୁଣି 20,000 ବର୍ଗଫୁଟ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଅନୁରଣନ କାଳ କେତେ ? ପୃଷ୍ଠର ହାରାହାରି ଅବଶୋଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ 0·20 ।
(ଉତ୍ତର: 1·2 ସେକେଣ୍ଡ)

23. 100000 ଘନଫୁଟ ଆୟତନ ପୁଣି 2000 ବର୍ଗଫୁଟ ସମୁଦାୟ ଅବଶୋଷଣ ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଅନୁରଣନ କାଳ କେତେ ? ସମୀକରଣ (3) ଏହି ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ପ୍ରତି ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ବୋଲି କଳ୍ପନା କରି, 0·60 ଅବଶୋଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ ଥିବା କେତେ ବର୍ଗଫୁଟର ଧ୍ୱନିକୀୟ କାଠ ଫଳକ ବ୍ୟବହାର କରି, ସାଧାରଣ ଲେପର ଏହି କାନ୍ଥଗୁଡ଼ିକର କିଛି ଅଂଶ ଆବୃତ କଲେ ପ୍ରତିନିନାଦକାଳ 2·0 ସେକେଣ୍ଡକୁ ହ୍ରାସ ପାଇବ ?
(ଉତ୍ତର: 2·5 ସେକେଣ୍ଡ; 800 ବର୍ଗଫୁଟ)

24. କୌଣସି ଆୟତାକାର ଶ୍ରୋତୃ-ଶାଳାର ମାତ୍ରା ଗୁଡ଼ିକ, 115 ଫୁଟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ, 75 ଫୁଟ ପ୍ରସ୍ଥ ଓ 30 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତା ଶାଳାର କାନ୍ଥ ଓ ଛାତ ଗୁଡ଼ିକରେ ଲେପ ଦିଆଯାଇଛି । ଶାଳାର ତଳ କାଷ୍ଠ ନିର୍ମିତ । ପ୍ରତ୍ୟେକର 0·010 ବର୍ଗଫୁଟ ସମତୁଲ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅବଶୋଷଣ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଥିବା 750ଟି ଆସନ ସେଥିରେ ରହିଛି । (କ) ଶୂନ୍ୟ ଶ୍ରୋତୃ-ଶାଳାର ଅନୁରଣନ କାଳ ଗଣନ କର; (ଖ) ଶ୍ରୋତୃ ଶାଳାଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥିଲେ, ପୁଣି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଶ୍ରୋତାର ସମତୁଲ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 4·0 ବର୍ଗଫୁଟ ହୋଇଥିଲେ, ଅନୁରଣନ କାଳ କେତେ ହେବ ? (ଉତ୍ତର: 13·0 ସେକେଣ୍ଡ; 3·2 ସେକେଣ୍ଡ)
